

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra hodnocení textilií

Navazující magisterský studijní program: Průmyslový management - N3108

Studijní obor: Produktový management - 3106T014/80

Zaměření: Textil

Forma: Kombinovaná

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Název práce:

ELIMINACE VAD V PROCESU TKANÍ PŘI VÝROBĚ TKANIN PRO KOLENNÍ
AIRBAGY

Name of thesis:

ELIMINATION OF DEFECTS IN WEAVING PROCESS FOR THE PRODUCTION
OF TECHNICAL FABRIC KNEE AIRBAG

Kód: KHT - 043

Autor diplomové práce: Bc. Jana Haramijová

Vedoucí diplomové práce: Ing. Irena Havlanová

Konzultant diplomové práce: Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D

Počet stran	Počet tabulek	Počet obrázků	Počet schémat	Počet příloh
90	27	47	9	7

Liberec 2011

PROHLÁŠENÍ

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci, dne 13. května 2011

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Autorka využívá tuto příležitost a děkuje paní Ing. Ireně Havlanové za její cenné rady a odborné vedení diplomové práce. Autorka by chtěla dále poděkovat panu Vlastimilovi Ovadovi za konzultace poskytnuté v podniku Toray Textiles Central Europe s.r.o. Panu Ing. Vladimírovi Bajzíkovi Ph.D a panu Ing. Petrovi Tumajerovi Ph.D za poskytnuté odborné konzultace. V neposlední řadě všem, kteří mě podpořili v dosavadním studiu.

Všem ze srdce děkuji.

ANOTACE

Diplomová práce hledá možné řešení snížení počtu vad v produkci technické polyamidové tkaniny v podniku Toray Textiles Central Europe s.r.o. Tkanina je určena k výrobě kolenních airbagů. Pro práci byly vymezeny dvě nejzávažnější vady tkaniny. Na základě analýzy kompletního výrobního procesu a rozboru příčiny vzniku vad tkaniny byl stanoven návrh řešení. Návrh nového řešení je orientován na úpravu hydraulického tryskového tkacího stroje a změnu nastavení jeho parametrů. Po úpravě tkacího stroje byly laboratorně testovány kritické vlastnosti tkaniny. Sledované znaky jakosti byly vyhodnoceny prostřednictvím regulačních diagramů a ukazatelů výkonnosti procesu. Experimentální data byla ověřena s požadavky zákazníka. Závěr diplomové práce porovnává výskyt počtu vad technické tkaniny před a po úpravě tkacího stroje.

ANOTATION

The thesis seeks a possible solution to reduce the number of defects in the production of technical polyamide woven fabric in the company Toray Textiles Central Europe s.r.o. Woven fabric is designed to produce knee airbags. Two most serious defects in the woven fabric have been identified for purpose of this thesis. On the basis of analysis of the complete production process and analysis of the causes of woven fabric defects, solutions have been suggested. The suggestion is oriented to adjust the water jet loom and change its settings. After adjusting a loom has been laboratory tested the critical features of the technical woven fabric. Monitored quality characteristics were evaluated by means of control charts and performance indices. The experimental data were compared with customer requirements. The conclusion compares the incidence of defects in technical woven fabric before and after adjusting the loom.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tryskový hydraulický tkací stroj, jakost, výrobní proces, kolenní airbag, statistická regulace procesu, regulační diagram, výkonnost procesu

KEY WORDS

Water jet loom, quality, production process, knee airbag, statistical process control, control chart, process performance

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

<i>s.r.o.</i>	- Společnost s ručením omezeným
<i>Inc.</i>	- Incorporated (Označení pro veřejnou obchodní společnost)
<i>TTCE</i>	- Toray Textile Central Europe
<i>TTS</i>	- Thai Toray Synthetics Company Limited
<i>EU</i>	- Evropská unie
<i>USA</i>	- United States of America (Spojené státy americké)
<i>CEFTA</i>	- Central Europe Free Trade Area (Středoevropské sdružení volného obchodu)
<i>ATOK</i>	- Asociace textilního, oděvního a kožedělného průmyslu
<i>ČSN</i>	- Česká technická norma
<i>EN</i>	- Evropská norma
<i>ISO</i>	- International Standard Organization (Mezinárodní norma)
<i>EASC</i>	- European Airbag Standardization Committee (Evropský výbor pro normalizaci airbagů)
<i>ASTM</i>	- American Society for Testing and Materials (Americká společnost pro zkoušení a materiály)
<i>PA 6.6</i>	- Polyamid 6.6
<i>LOI</i>	- Limiting Oxygen Index (Limitní kyslíkové číslo)
<i>SPC</i>	- Statistical Process Control (Statistická regulace procesu)
<i>RD</i>	- Regulační diagram
<i>CL</i>	- Central Line (Střední přímka)
<i>UCL</i>	- Upper Control Limit (Horní regulační mez)
<i>LCL</i>	- Lower Control Limit (Dolní regulační mez)
<i>UWL</i>	- Upper Warning Limit (Horní výstražná mez)
<i>LWL</i>	- Lower Warning Limit (Dolní výstražná mez)
<i>T</i>	- Target value (Cílová hodnota)
<i>USL</i>	- Upper Specification Limit (Horní toleranční mez)
<i>LSL</i>	- Lower Specification Limit (Dolní toleranční mez)
<i>C_{pk}</i>	- process capability index (Statistická míra způsobilosti procesu)
<i>P_{pk}</i>	- process performance index (Statistická míra výkonnosti procesu)
<i>dtex</i>	- jednotka jemnosti (délkové hmotnosti) vláken

OBSAH

ÚVOD.....	9
1. STAV POZNATKŮ O ŘEŠENÉ PROBLEMATICE	11
1.1. Charakteristika podniku Toray Textiles Central Europe, s.r.o.....	11
1.2. Úloha řízení a zlepšování jakosti v podniku	12
1.2.1. <i>Jakost v automobilovém průmyslu.....</i>	<i>14</i>
1.2.2. <i>Statistická regulace a hodnocení způsobilosti procesu</i>	<i>15</i>
1.3. Kolenní airbag.....	21
1.4. Charakteristika výrobního procesu tkaní	24
1.4.1. <i>Definice základních pojmů.....</i>	<i>24</i>
1.4.2. <i>Princip výroby tkanin.....</i>	<i>25</i>
1.4.3. <i>Tryskový hydraulický tkací stroj</i>	<i>31</i>
2. FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU	34
3. VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE.....	35
4. ANALÝZA VÝROBNÍHO PROCESU TKANÍ V PODNIKU TTCE.....	36
4.1. Proces výroby technické tkaniny určené pro kolenní airbagy	36
4.2. Identifikace vad při výrobě technické polyamidové tkaniny	43
4.2.1. <i>Vyhodnocení vad technické tkaniny pomocí Paretova diagramu.....</i>	<i>46</i>
5. NÁVRH NOVÉHO ŘEŠENÍ.....	48
6. EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ NÁVRHU ŘEŠENÍ.....	52
6.1. Popis laboratorních zkoušek technické tkaniny	53
6.1.1. <i>Pevnost v tahu.....</i>	<i>53</i>
6.1.2. <i>Odolnost proti uvolňování nití ve švu</i>	<i>55</i>
6.2. Analýza a vyhodnocení experimentálních dat	57
6.2.1. <i>Před úpravou tkacího stroje</i>	<i>61</i>
6.2.1.1. <i>Znak jakosti pevnost v tahu tkaniny po osnově.....</i>	<i>61</i>
6.2.1.2. <i>Znak jakosti pevnost v tahu tkaniny po útku</i>	<i>62</i>
6.2.1.3. <i>Znak jakosti odolnost tkaniny proti uvolňování nití ve švu po osnově .</i>	<i>64</i>
6.2.1.4. <i>Znak jakosti odolnost tkaniny proti uvolňování nití ve švu po útku.....</i>	<i>65</i>
6.2.2. <i>Po úpravě tkacího stroje</i>	<i>67</i>
6.2.2.1. <i>Znak jakosti pevnost v tahu tkaniny po osnově.....</i>	<i>67</i>
6.2.2.2. <i>Znak jakosti pevnost v tahu tkaniny po útku</i>	<i>68</i>

6.2.2.3. Znak jakosti <i>odolnost tkaniny proti uvolňování nití ve švu po osnově</i> .	70
6.2.2.4. Znak jakosti <i>odolnost tkaniny proti uvolňování nití ve švu po útku</i>	72
6.3. Ověření výsledků sledovaných znaků jakosti pomocí testů statistických hypotéz	73
7. SHRUTÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ	75
8. ZÁVĚR	78
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	83
SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A SCHÉMAT.....	86
SEZNAM TABULEK.....	88
SEZNAM PŘÍLOH.....	90

ÚVOD

Současná vědeckotechnická úroveň zajišťování potřeb lidí zapříčinila, že zlepšování jakosti se stalo hlavním faktorem zvyšování hodnoty produktů a procesů. Zlepšování kvality výrobků je významným činitelem zvyšování produktivity, efektivnosti a konkurenční schopnosti podniků. V současné době převažuje v řadě oborů nabídka výrobků nad jejich poptávkou. Firmy tedy musí neustále bojovat o udržení tržního podílu a vyhledávat všechny příležitosti k jeho zvětšení.

V každé výrobní firmě nastává problém udržení trvalé jakosti vyráběného produktu. Zabezpečování jakosti se dnes neobejde bez aplikace vhodných metod plánování a zlepšování jakosti. Složitost produktů, procesů a potřeba úspor nákladů si vynucují neustálé hledání cest, jak vady ve výrobě včas odhalit a zamezit nekvalitní výrobě. Většina českých firem však metody používá, až na žádost zákazníka a někdy jen pro zákazníka. Ve vlastní organizaci nejsou jejich výsledky dostatečně využívány.

Zadavatelem této diplomové práce je společnost Toray Textiles Central Europe, s.r.o. Firma se zabývá výrobou technické tkaniny, určené pro výrobu automobilových airbagů. Airbag je prvek pasivní bezpečnosti, který chrání cestujícího před nárazem jeho těla. Společnost proto musí splňovat přísné požadavky automobilového průmyslu, které jsou kladeny na kvalitu airbagové tkaniny. Firma provádí intenzivní testování vlastností technické tkaniny, zabezpečující spolehlivou funkci airbagů. Testování je prováděno při každé ukončené produkci.

Další testování funkčnosti airbagů probíhá náhodně při jejich montáži v automobilové výrobě. Zde je testování zaměřeno na samotnou funkci airbagového systému. Potenciální selhání těchto systémů je společností vnímáno velmi negativně. Ve většině případů může být selhání zapříčiněno poruchou řídicího systému. Takové nedostatky museli v minulosti řešit například automobiloví producenti jako Honda, Chrysler, Hyundai, Nissan a mnozí další. Doposud nejsou známy případy vážného selhání airbagové tkaniny. To není důvod k tomu, aby nároky na jakost byly zanedbávány. Většina světových producentů automobilů navíc podrobuje vozidla testování bezpečnosti. Nárazové zkoušky automobilů tzv. *Crash* testy zahrnují především testy ochrany cestujících před nárazem (obr. 1). Airbagy jsou právě jedním z testovaných bezpečnostních systémů.



Obr. 1 Crash test [22]

Cílem diplomové práce je snížit počet vad technické polyamidové tkaniny určené pro výrobu kolenních airbagů. Pro společnost tyto problémy znamenají vysoké finanční ztráty a menší spokojenost zákazníka. Práce se zaměřuje na návrh vhodného řešení snížení počtu vad tkaniny. Úkolem je současně zachovat specifické vlastnosti technické tkaniny. Na základě provedených laboratorních zkoušek a jejich vyhodnocení pomocí statistických metod bylo ověřeno, zda vlastnosti airbagové tkaniny jsou v souladu s požadavky zákazníka.

K diplomové práci byla vytvořena zvláštní příloha, část B. Tato příloha zahrnuje naměřené hodnoty sledovaných znaků jakosti technické tkaniny (tzv. citlivá data). Dále také zahrnuje veškeré statistické výpočty a operace s naměřenými hodnotami. Příloha byla vytvořena na základě požadavku firmy TTCE. Z důvodu zachování firemního tajemství je tato příloha vedena jako neveřejná část diplomové práce.

1. STAV POZNATKŮ O ŘEŠENÉ PROBLEMATICE

1.1. Charakteristika podniku Toray Textiles Central Europe, s.r.o.

Japonská společnost **Toray Industries, Inc.** patří mezi významné světové výrobce umělých vláken a textilu. Společnost byla založena v roce 1926 v Japonsku. Společenství Toray Group tvoří v současnosti cca 238 poboček po celém světě. V roce 2008 tvořila největší podíl na tržbách výroba syntetických vláken a textilu. Mezi další výrobní činnosti společnosti Toray Group patří výroba plastů a chemických produktů, výroba uhlíkových vláken a kompozit. Dále je výrobní činnost Toray Group zaměřena na oblast stavebnictví, strojírenství, zdravotnictví, systémů na úpravu vody a v neposlední řadě na oblast informačních technologií.

Jednou z výrobních základen Toray Group je i společnost **Toray Textiles Central Europe, s.r.o.** (dále jen TTCE), která se nachází na území České republiky (obr. 2). Společnost TTCE se sídlem v Prostějově byla založena v roce 1997 a zabývá se výrobou vysoce kvalitních syntetických tkanin. Zejména se jedná o tkaní, barvení a chemickou úpravu lehkých polyesterových podšívkovin. *V roce 2006 byla zahájena produkce polyamidové technické tkaniny určené pro výrobu automobilových airbagů.* V roce 2007 byla do provozu uvedena další výrobní činnost dělení ofsetových hliníkových desek používaných v polygrafickém průmyslu.

Společnost TTCE v současnosti zaměstnává 185 pracovníků. V průměru se ročně ve firmě vyrobí okolo 30 milionů běžných metrů podšívkové polyesterové tkaniny a 1,9 milionů metrů technické polyamidové tkaniny. Tkalcovny jsou vybaveny tryskovými hydraulickými tkacími stroji a listovými tkacími stroji. Produkty společnosti TTCE jsou vyváženy do zahraničí, převážně do zemí EU, CEFTA, Turecka a Severní Ameriky.

[1]



Obr. 2 Společnost Toray Textiles Central Europe, s.r.o. [1]

1.2. Úloha řízení a zlepšování jakosti v podniku

Skutečný rozvoj pojmu *jakost* a *vývoj specializovaných jakostních činností* nastal s rozvojem průmyslu v novověku. Jakost se stala základním principem řízení společností, základním nástrojem jejich rozvoje a konkurenční vyspělosti ekonomiky každého státu. Toto téma není spojeno jen s výrobky, ale zasahuje do všech etap reprodukčního cyklu (výzkum, projektování, konstruování, veškeré technické a technologické přípravy, výroby, povýrobních služeb a kontaktů s uživateli). [2]

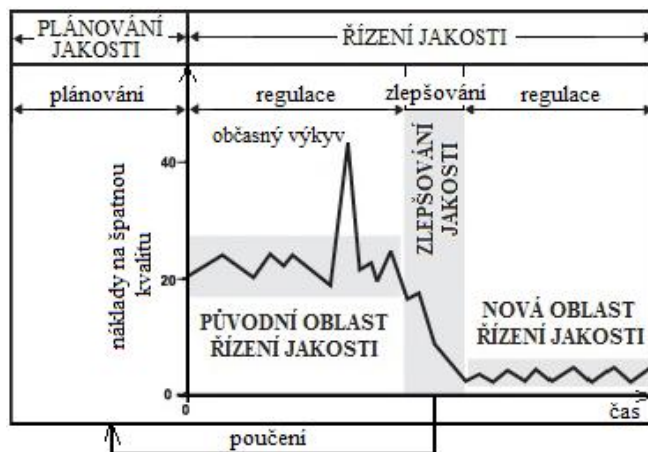
Jakost neboli kvalita (z *latinského slova „qualis“*) znamená odpověď na otázku „jaký“? Vyjadřuje znak nebo údaj o vlastnosti nějaké věci. Nejobecnější definici udává norma **ČSN EN ISO 9001:2000 Systém managementu jakosti**. Tato mezinárodní norma definuje jakost jako „*stupeň splnění požadavků souborem inherentních znaků (jedná se o trvalé znaky, existující v něčem)*“. [2, str. 7]

Významné osobnosti, které se v tomto oboru prosadili, jsou například americký statistik Edwards Deming a v Japonsku Kaoru Ishikawa. Další významnou osobností moderního managementu kvality byl **Joseph M. Juran**, který definoval jakost jako „*stupeň způsobilosti pro užití*“. [3, str. 7]

J. M. Juran formuloval inovační kroky jakosti ve třech fázích (tzv. Juranova trilogie):

1. **Plánování jakosti,**
 2. **Řízení jakosti,**
 3. **Zlepšování jakosti.**
- [4]

Graf na obrázku 3 popisuje Juranovu trilogii. Vyjadřuje průběh reprodukčního cyklu spolu s prudkým poklesem nákladů na špatnou jakost.



Obr. 3 Juranova trilogie [5]

Novodobý management jakosti se stal součástí systému managementu vyspělých společností. Juranova trilogie management jakosti popisuje jako provázaný soubor procesů *plánování, operativního řízení a zlepšování jakosti*.

Plánování jakosti představuje řadu činností v předvýrobních etapách (návrh, vývoj a příprava výroby), jež rozhodují o výsledné jakosti výrobku. V předvýrobní etapě dochází k poměrně vyššímu výskytu chyb (neshod), než ve fázi realizace výrobku. Orientace na plánování jakosti v předvýrobních etapách je výhodná především z ekonomického hlediska, protože odstranění neshod před vlastní realizací výrobku vyžaduje jen zlomek nákladů.

J. M. Juran formuloval pojem plánování jakosti jako „*proces formování cílů jakosti a vývoje prostředků pro jejich splnění*“.

[4, str. 3]

Úspěšnost japonských firem na světových trzích je právě založena na důkladném plánování jakosti. Mezi vhodné metody, které slouží pro zajištění strategických cílů předvýrobní etapy, patří například *Plánování průmyslových experimentů, Analýza rozptylu* či *Paretova analýza*.

[4]

V průběhu **řízení jakosti** jsou realizovány činnosti stanovené ve fázi plánování. Hodnoceny jsou dosahované výsledky a ty jsou pak dále porovnávány s plánovanými cíly. Cílem řízení jakosti je dosáhnout a udržovat naplánovanou jakost s minimálními náklady. Na výslednou jakost výrobků však působí řada faktorů. Mezi tyto faktory patří lidské zdroje, výrobní zařízení, suroviny a materiál, pracovní postupy a také peněžní zdroje. Rozhodujícím nástrojem pro zajištění strategických cílů výrobní etapy je například aplikace *Regulačních diagramů*.

[3]

Naplánovaná jakost a postup jejího zabezpečení nemůže zůstat neměnná, je potřeba ji **neustále zlepšovat**. Oblast zlepšování jakosti se zaměřuje na snižování rozsahu neshod a také zvyšování účinnosti veškerých procesů v podniku. Neustálé zlepšování aktivit podniku lze provádět použitím vhodných nástrojů a metod. K tomu slouží tzv. **Sedm základních nástrojů managementu jakosti**. Mezi tyto nástroje například patří: Vývojový diagram, Paretův diagram či Ishikawův diagram příčin a následků.

[4]

Úkolem povýrobní etapy je hodnotit účinnost výrobního procesu. Je proto vhodné použití metod *Hodnocení způsobilosti* či *výkonnosti procesů*. Tato metoda poskytuje informace o vhodnosti navrhovaného procesu pro výrobu daného výrobku (viz kapitola 1.2.2).

[4]

Požadavky na plánování a neustálé zlepšování jakosti jsou zakomponovány do norem souboru **ISO 9000:2000**, tento soubor obsahuje další čtyři normy (*ISO 9000, 9001, 9004, 19001*). Normy tohoto souboru jsou orientovány na systém managementu jakosti a tvoří tak návod na vybudování funkčního managementu kvality.

1.2.1. Jakost v automobilovém průmyslu

Automobilový průmysl patří celosvětově mezi nejvíce sledované obory. Česká republika je největším producentem automobilů v poměru k počtu obyvatel. Veškerá výroba v automobilovém průmyslu probíhá za přísných podmínek s vysokými nároky na kvalitu, bezpečnost, včasnost dodávek, plnění specifických požadavků zákazníků a neustálé zlepšování procesů.

Společnost **Toray Textiles Central Europe s.r.o.** jako výrobce technických tkanin určených pro výrobu automobilových airbagů, musí také splňovat požadavky automobilového průmyslu na kvalitu technické tkaniny a na systém managementu jakosti. Společnost musí tedy sledovat řadu specifických záležitostí týkajících se jakosti, bezpečnosti a ochrany zdraví.

Česká technická norma **ISO/TS 16949:2002 Systémy managementu jakosti - Zvláštní požadavky používání ISO 9001:2000 v organizacích zajišťujících sériovou výrobu a výrobu náhradních dílů v automobilovém průmyslu** je jediným doporučujícím dokumentem systému managementu kvality v automobilovém průmyslu.

Technická specifikace dle normy ISO/TS 16949:2002 se týká všech výrobních organizací v dodavatelském řetězci automobilového průmyslu. Mimořádné pozornosti řízení systému managementu jakosti se věnuje také společnost TTCE. Společnost certifikací systému managementu jakosti prokazuje svoji schopnost plnit požadavky (obsažené v technické specifikaci ISO/TS 16949:2002) automobilového průmyslu. [6]

Z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví je nutné plnit požadavky automobilového průmyslu na kvalitu vyráběné airbagové tkaniny. Společnost TTCE se při plnění těchto požadavků řídí dokumentem, který obsahuje požadované vlastnosti tkaniny zákazníkem. Laboratorní testování realizují v podniku TTCE dle **EASC 99040180 [A09] European Airbag Standardization Committee**. Jedná se o soubor požadavků a zkušebních podmínek pro laboratorní testování airbagové tkaniny.

1.2.2. Statistická regulace a hodnocení způsobilosti procesu

Statistická regulace procesu (*Statistical Process Control, dále jen SPC*) představuje nástroj řízení jakosti, který na základě včasného odhalení významných odchylek v procesu umožňuje tento proces udržovat v dlouhodobě stabilním stavu popř. jej zlepšovat. [7]

Hlavním cílem SPC je eliminovat variabilitu, která je přirozeným jevem každého procesu. Variabilita procesu bývá ovlivněna náhodnými přirozenými příčinami (neidentifikovatelnými) a příčinami vymezitelnými (identifikovatelnými). Působí-li na proces pouze **náhodné příčiny** (např. chvění stroje, vlhkost a teplota ovzduší), lze tento proces charakterizovat jako **statisticky zvládnutý**. Působí-li na proces **vymezitelné příčiny** (např. chyba stroje, pracovníka, materiálu), mluvíme o **statisticky nezvládnutém procesu**. Hlavním úkolem SPC je tedy rychle odhalit přítomnost vymezitelných příčin a provést nápravná opatření. [7]

Mezi hlavní nástroje statistické regulace procesu například patří: *Histogram, Bodový diagram, Paretův diagram, Diagram příčin a následků (Ishikawův diagram), Regulační diagram*.

Postup zavádění SPC je dle literatury [7, str. 167] realizován ve čtyřech fázích:

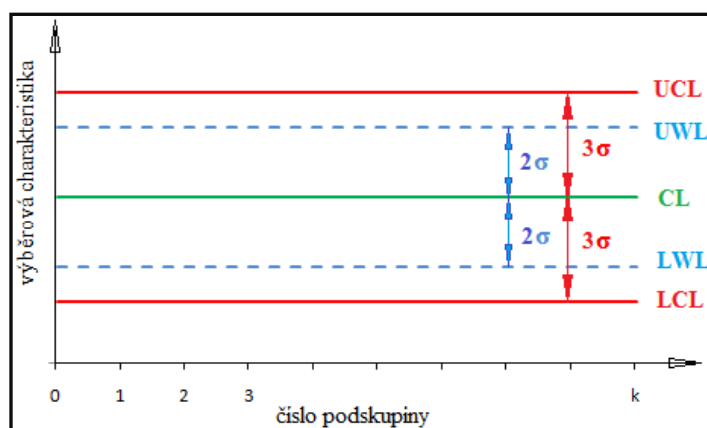
1. Přípravná fáze,
2. Fáze analýzy a zabezpečení statistické zvládnutosti procesu,
3. Fáze analýzy a zabezpečení způsobilosti procesu,
4. Fáze vlastní statistická regulace procesu.

Regulační diagramy (*Control Chart, dále jen RD*) jsou základním a nejpoužívanějším nástrojem SPC. Představují grafický nástroj zobrazení variability procesu v čase, využívající princip testování statistických hypotéz. Umožňují odlišit variabilitu procesu vyvolanou vymezitelnými příčinami od variability vyvolané náhodnými příčinami. V případě zjištění působení vymezitelných příčin musíme tyto příčiny identifikovat a odstranit. Proces se tak dostane do stavu statisticky zvládnutého, ve kterém je variabilita vyvolaná pouze náhodnými příčinami. [4]

Obrázek 4 znázorňuje grafickou strukturu RD, která je tvořena třemi základními přímkami, jež rozhodují o statistické zvládnutelnosti procesu.

- **CL (Central Line)** – střední přímka, resp. čára, která charakterizuje střední hodnoty výběrové charakteristiky v daném procesu,
- **UCL (Upper Control Limit)** – horní regulační mez,
- **LCL (Lower Control Limit)** – dolní regulační mez.

Regulační (akční) meze (UCL, LCL) představují přímky, které vymezují prostor přípustného náhodného kolísání hodnot příslušné výběrové charakteristiky. Neboli pásmo působení pouze náhodných příčin přirozené variability. [7]



Obr. 4 Základní struktura (Shewhartových) regulačních diagramů

Klasické Shewhartovy regulační diagramy patří mezi hlavní a nejvíce používané nástroje statistické regulace. V případě Shewhartových RD jsou základní akční meze umístěny ve vzdálenosti tří směrodatných odchylek dané výběrové charakteristiky od CL (obr. 4). V některých aplikacích je možné do RD zakreslit tzv. *výstražné meze*. Horní výstražná mez - UWL (*Upper Warning Limit*) a dolní výstražná mez - LWL (*Lower Warning Limit*). Výstražné meze jsou umístěny ve vzdálenosti dvou směrodatných odchylek dané výběrové charakteristiky od CL (obr. 4). [7]

Klasické Shewhartovy RD byly navrženy pro sledování jednoho znaku jakosti. Dle literatury [7, str. 179] jsou rozděleny do dvou základních skupin:

1. **Regulační diagramy pro regulaci měřením** (Sledovaný znak jakosti je měřitelnou hodnotou, jedná se o data ze spojitých rozdělení),
2. **Regulační diagramy pro regulaci srovnáváním** (Sledovaný znak jakosti je hodnotou neměřitelnou, jedná se o data z diskrétních rozdělení).

Shewhartovy regulační diagramy pro regulaci měření (*Control Charts of Variables*) lze použít v případě, kdy se jedná o data zjišťovaná měřením číselných údajů (délka, odpor apod.). Základní předpoklady pro použití Shewhartova RD pro regulaci měření jsou následující:

- **Normální rozdělení sledovaného znaku jakosti** $N(\mu, \sigma^2)$ **se střední hodnotou** μ **a rozptylem** σ^2 ,
- **Konstantní střední hodnota procesu a směrodatná odchylka dat,**
- **Nezávislost dat,**
- **Velikosti výběrů jsou stejné** ($n_1 = n_2 = n_m$).

Jsou-li výše uvedené předpoklady splněny, je podle rozsahu výběru n zvolena dvojice regulačních diagramů (viz příloha A, č. 1). Vztahy pro výpočet Shewhartových RD měření jsou zakomponovány v normě ČSN ISO 8258 *Shewhartovy regulační diagramy*. Obecné vztahy pro stanovení centrální přímky a regulačních mezí jsou dle literatury [7, str. 178] stanoveny následovně:

$$CL = \mu, \quad (1.1)$$

$$UCL = \mu + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (1.2)$$

$$LCL = \mu - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (1.3)$$

- μ - střední hodnota regulované veličiny,
 σ - směrodatná odchylka regulované veličiny,
 n - rozsah výběru podskupiny,
 $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ - směrodatná odchylka výběrového průměru $\sigma_{\bar{x}}$,
 3 - Shewhartova konstanta.

Shewhartova konstanta odpovídá riziku $\alpha=0,0027$ (tj. pravděpodobnosti 0,9973). Z toho vyplývá, že 99,73 % případů leží uvnitř mezí a 0,3 % případů leží mimo meze.

RD se používají vždy ve dvojicích. První RD popisuje polohu znaku jakosti (\bar{x} - výběrový aritmetický průměr; \tilde{x} - výběrový medián). Druhý RD popisuje variabilitu znaku jakosti (R - výběrové variační rozpětí; s - výběrová směrodatná odchylka). V závislosti na zvoleném typu RD jsou stanoveny příslušné výběrové charakteristiky naměřených hodnot v podskupinách.

Stav statistické zvládnutosti procesu je hodnocen dle polohy bodů vnesených pro každý výběr do RD, vzhledem k UCL, CL, LCL. Leží-li všechny body uvnitř UCL a LCL, proces považujeme za statisticky zvládnutý. Pokud body překračují tyto meze, musíme provést zásah do procesu (tj. identifikovat, odstranit odchylky). Další faktory působení vymezených příčin znázorňují tzv. testy nenáhodných seskupení. Nejčastěji používané testy jsou zahrnuty v příloze A, č. 2. [7]

Způsobilost výrobního procesu (Process Capability) „vyjadřuje schopnost procesu trvale dosahovat předem stanovených kritérií kvality“. [7, str. 271]

Údaje o způsobilosti procesu představují cenné informace také pro zákazníka. Poskytují mu důkaz o zhotovení produktu ve stabilních výrobních podmínkách, které zabezpečují pravidelné dodržování předepsaných kritérií jakosti. Hodnocení způsobilosti procesu má dva cíle. Schopnost procesu udržet cílovou hodnotu ukazatele kvality T – *Target value* a sledovat míru variability kolem cílové hodnoty.

K hodnocení způsobilosti procesu se využívají **tzv. indexy způsobilosti** (*Capability index*). Základní předpoklady, které musí být splněny při výpočtu indexů způsobilosti, jsou následující:

- **Hodnocený proces je ve statisticky zvládnutém stavu** (tzn. před hodnocením způsobilosti, by měl být zaveden regulační diagram),
- **V případě měřitelných znaků jakosti, musí rozdělení sledovaného znaku odpovídat normálnímu rozdělení $N(\mu, \sigma^2)$.** [4, 7]

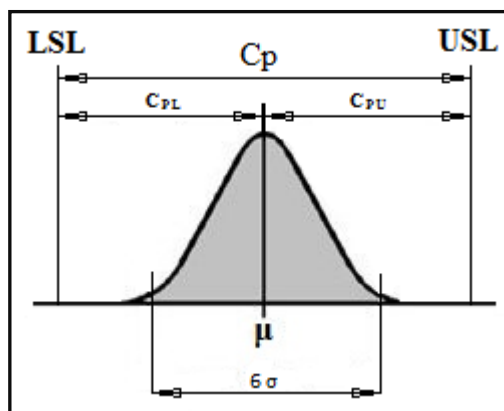
Indexy způsobilosti představují poměr mezi **předepsanou přesností** a **skutečně dosahovanou přesností výroby**.

Předepsaná přesnost je dána tolerančními mezemi a cílovou hodnotou. Skutečně dosahovaná přesnost je vyjádřena rozptylem náhodné veličiny (sledovaného znaku). Z této definice vychází obecný princip jejich konstrukce:

- **USL (Upper Specification Limit)** – horní toleranční mez,
- **LSL (Lowerr Specification Limit)** – dolní toleranční mez,
- **T (Target Value)** – cílová hodnota. [7, str. 276]

Toleranční meze LSL , USL určují interval, ve kterém leží hodnoty sledovaného znaku jakosti se zvolenou pravděpodobností. Cílová hodnota T představuje požadovanou hodnotu znaku jakosti. Podle pravidla „3 σ “ leží 99, 73 % hodnot této

veličiny v intervalu $(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma)$. Šíře intervalu je 6σ . Obrázek 5 znázorňuje charakteristiku indexů způsobilosti.



Obr. 5 Charakteristika indexů způsobilosti C_p, C_{pk} [8]

Index způsobilosti tedy představuje poměr mezi rozpětím USL a LSL (tzn. $USL - LSL$) a přirozenou variabilitou výrobního procesu (tj. 6σ). Dle tolerančních mezí je následně definován vhodný index způsobilosti. Výrobní proces považujeme za způsobilý, pokud hodnota indexu přesahuje hraniční hodnotu 1. Avšak tato hodnota závisí na specifickém požadavku zákazníka.

Nejstarší index způsobilosti je označován C_p . Tento ukazatel se nevztahuje k parametru polohy μ . Dle literatury [7, str. 277] je definován vztahem:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}. \quad (1.4)$$

Grafické znázornění tří základních úrovní C_p je zahrnuto v příloze A, č. 3. Směrodatná odchylka σ je nahrazena odhadem $\hat{\sigma}$ (tj. odhad variability uvnitř podskupin pomocí výběrového rozpětí R , nebo pomocí výběrové směrodatné odchylky s).

Snaha o zavedení obecnější charakteristiky způsobilosti procesu vedla ke konstrukci indexu způsobilosti C_{pk} . Hodnota C_{pk} vyjadřuje poměr vzdálenosti střední hodnoty znaku jakosti od toleranční meze k polovině skutečné variability hodnot. Dle literatury [7, str. 280] je index C_{pk} definován vztahem:

$$C_{pk} = \min \{C_{pkL}, C_{pkU}\} = \min \left\{ \frac{\mu - LSL}{3\sigma}; \frac{USL - \mu}{3\sigma} \right\}. \quad (1.5)$$

Index lze počítat v případě oboustranné tolerance podle (1.5). V případě jednostranné tolerance podle (1.6) a (1.7) následovně:

$$\hat{C}_{pkU} = \frac{USL - \bar{\bar{x}}}{3 \hat{\sigma}} , \quad (1.6)$$

$$\hat{C}_{pkL} = \frac{\bar{\bar{x}} - LSL}{3 \hat{\sigma}} . \quad (1.7)$$

Literatura [7, str. 274] pojednává i o případě, kdy u nestabilních procesů bývá prováděno hodnocení „způsobilosti“. Hodnocení se potom nenazývá způsobilost, ale **výkonnost (tzv. Performance) výrobního procesu**. Avšak zavedení indexů výkonnosti se setkává s velkou kritikou ze strany statistiků. Nicméně v současné době tento způsob výpočtu využívá celá řada dodavatelů automobilového průmyslu.

Používané vzorce jsou téměř stejné jako pro způsobilost. Liší se pouze některými modifikacemi při výpočtu rozptylu. Index výkonnosti je označován písmenem „P“ s příslušným indexem. Odhad tohoto ukazatele má smysl pouze tehdy, jestliže všechna data pocházejí z normálního rozdělení s parametry $N(\mu, \sigma_{TOT}^2)$.

Diplomová práce se zaměřuje pouze na výpočet ukazatele P_{pk} , který je dle literatury [9, str. 17] definován vztahem:

$$\hat{P}_{pk} = \min\{\hat{P}_{pkL}, \hat{P}_{pkU}\} = \min\left\{\frac{\bar{\bar{x}} - LSL}{3\hat{\sigma}_{TOT}}; \frac{USL - \bar{\bar{x}}}{3\hat{\sigma}_{TOT}}\right\} , \quad (1.8)$$

$(\bar{\bar{x}}, LSL, USL - \text{viz výše})$.

Jediným odhadem směrodatné odchylky σ je výběrová celková (totální) směrodatná odchylka $\hat{\sigma}_{TOT}$:

$$\hat{\sigma}_{TOT} = \sqrt{\frac{1}{kn-1} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{\bar{x}})^2} , \quad (1.9)$$

$(k, n, x_{ij}, \bar{\bar{x}}_i - \text{viz výše})$.

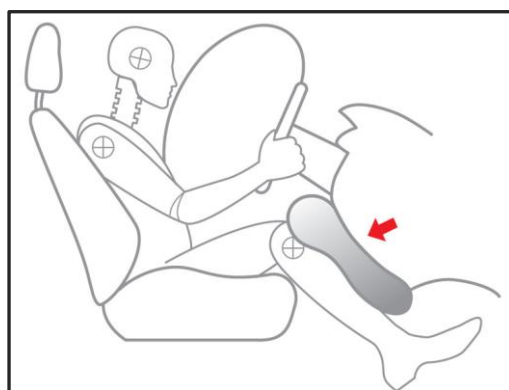
Celková (totální) variabilita (směrodatná odchylka) pojímá variabilitu uvnitř podskupin i variabilitu mezi podskupinami.

1.3. Kolenní airbag

Airbag – z anglického jazyka „nafukovací vak“. Airbag je základním prvkem pasivní bezpečnosti (tzn. bezpečnosti, jejímž úkolem je zmírnit následky nehody), používaný v automobilech. Jedná se o skrytý vak vyrobený z technické polyamidové tkaniny, který se při srážce vozidla nafoukne před cestujícím a ochrání jej tak před nárazem jeho těla. [10]

Historicky první airbag byl vynalezen v roce 1952 Johnem W. Hetrickem. V roce 1972 se na trhu objevil první sériově vyráběný automobil vybavený čelním airbagem, zabudovaným v hlavě volantu. V roce 1995 byly poprvé do automobilu aplikovány boční airbagy a v roce 1998 se objevují airbagy hlavové. [10]

První kolenní airbag byl představen v roce 2002 japonskou automobilkou Toyota Motor Corporation (obr. 6).



Obr. 6 Kolenní airbag [11]

V případě nárazu napomáhá chránit dolní končetiny řidiče. Kolenní airbag je umístěn pod volantem v palubní desce ve výšce kolen a funguje na stejném principu jako klasický airbag. Konstrukce a funkce všech druhů airbagů je identická. Odlišují se od sebe pouze rychlostí nafouknutí, velikostí objemu vaku a umístěním. Konstrukce airbagu je tvořena třemi základními prvky:

Vzduchový vak – je vyrobený z vysoce pevné technické tkaniny, která musí být schopna odolávat vysoké síle a teplotě při nafukování airbagu. Tkaniny airbagů jsou vyráběny ze syntetických vláken **polyamidu 6.6** (zkratka dle EU - PA 6.6, označení dle USA - Nylon). Vlákná PA 6.6 vynikají vyšší pevností, vyšší tepelnou odolností a vyšší odolností v oděru, což pro funkci airbagu znamená značný přínos. [10, 12]

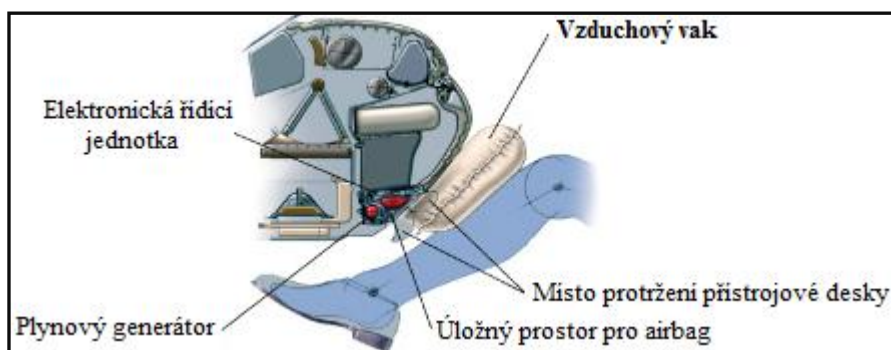
Tabulka 1 Vlastnosti vlákna PA 6.6 [13]

POLYAMID 6.6				
VLASTNOSTI			HODNOTA	JEDNOTKY
RELATIVNÍ (MĚRNÁ) PEVNOST	f	za sucha	3,7 - 5,4 - 6,5	[cN/dtex]
TAŽNOST	ε	za sucha	25 - 40	[%]
TEPLOTA	T_g	skelného přechodu	45 - 65	[°C]
	T_f	tečení	235	[°C]
	T_m	tání	256	[°C]
JEMNOST	T	---	210 - 840	[dtex]
HOŘLAVOST	LOI	---	20 - 22	[%]

Tabulka 1 znázorňuje vybrané vlastnosti vlákna polyamidu 6.6. Tkanina airbagu je tkána *základní plátnovou vazbou* s vysokou dostavou, z důvodu požadavku kladeného na *vysokou pevnost materiálu*. Plátnová vazba je nejpevnější a nejhustěji provázanou vazbou. Mezi další důležité požadavky airbagů patří velká skladnost tkaniny do malého prostoru a *odolnost vůči posuvu nití ve švu*.

Plynový generátor – slouží k vyvíjení plynu, pomocí kterého je naplněn vzduchový vak. Plynový generátor obsahuje tablety, které jsou po aktivaci zapáleny roznětkou. Roznětka je umístěna uvnitř plynového generátoru. Tablety produkují plyn, pro člověka neškodný, jehož hlavní součástí je netoxický dusík. [10]

Elektronická řídící jednotka – je umístěna v přední vnitřní části vozu. Obsahuje senzory nárazu (tj. senzory zrychlení, resp. zpomalení). Řídící jednotka aktivuje plynový generátor na základě vyhodnocování signálů od senzorů nárazu. Při aktivaci dochází k roztržení krytu airbagu na předem určeném místě. Vzduchový vak se během velmi krátké doby (v řádech milisekund) nafoukne plynem. Po zadržení těla cestujícího je airbag okamžitě vyprázdněn. Jmenované konstrukční části jsou vyobrazeny na obrázku 7. [10]



Obr. 7 Konstrukce kolenního airbagu [10]

Všechny airbagy pracují v součinnosti s bezpečnostními pásy. Samotný airbag nemá schopnost zadržet pasažéra, airbag pouze zpomaluje náraz jeho těla. K aktivaci airbagu dochází v případě, že intenzita nárazu vozidla (do pevné stěny) je větší než 20 km/hod. V případě nehody jsou aktivovány pouze airbagy, které jsou umístěny ve směru nárazu. Obrázek 8 znázorňuje kolenní airbag před a po jeho aktivaci.



Obr. 8 a) Kolenní airbag před nárazem [12] b) Kolenní airbag po aktivaci [10]

Kolenní airbag je při nárazu aktivován společně s airbagem čelním. Tabulka 2 znázorňuje hlavní technické parametry kolenních airbagů.

Tabulka 2 Technické parametry kolenních airbagů [10]

KOLENNÍ AIRBAG		
VLASTNOSTI	HODNOTA	JEDNOTKY
OBJEM VAKU	17	[l]
ČAS AKTIVACE	25	[ms]
ČAS NAFOUKNUTÍ (ZACHYCENÍ PASAŽÉRA)	44 ± 4	[ms]

1.4. Charakteristika výrobního procesu tkaní

Tkaní je prastará lidská činnost, jejíž počátky jsou datovány dobou 8. tisíciletí př. n. l. V polovině 18. století dochází k mechanizaci ručního tkaní. První mechanický tkací stroj vynalezl v roce 1785 anglický farář Dr. Edmund Cartwright. Domácí výroba tak byla nahrazena manufakturami. V 19. století dochází k vývoji mechanického tkaní a ke vzniku hlavních typů tkalcovských stavů. Zaváděním strojů začaly vznikat první továrny. K automatizaci dochází v roce 1889, kdy americký vynálezce J. H. Northropa zkonstruoval automatickou výměnu cívek v člunku za chodu stroje. V 80. letech 20. století se textilní průmysl stává významnou oblastí českého národního hospodářství.[14]

V roce 2008 upadá v České republice textilní a oděvní průmysl v důsledku ekonomické krize i vlivem dovozu levných výrobků z východní Evropy a Asie. Dle Asociace textilního, oděvního a kožedělného průmyslu (ATOK) spočívá budoucnost českého textilu v rozvoji a produkci nových typů technických textilií.

1.4.1. Definice základních pojmů

Nit - „Obecný název pro délkovou textilií ze staplových (přírodních) nebo nekonečných (chemických) vláken.“ [15, str. 17]

Multifil - „Délková textilie z více nekonečných chemických vláken ve svazku o jemnosti menší než 2000 dtex.“ [15, str. 17]

Monofil - „Délková textilie z jednoho nekonečného chemického vlákna o jemnosti menší než 2000 dtex.“ [15, str. 17]

Plošná textilie - Plošný útvar vytvořený z délkových textilií (nití), uspořádaných určitým způsobem. Rozměry délka a šířka jsou větší, než rozměr tloušťky textilie.

Tkaní - Výrobní proces, jenž umožňuje vytvářet na tkacím stroji plošnou textilií.

Tkanina - „Plošná textilie vytvořená zpravidla ze dvou a více vzájemně kolmých soustav nití, osnovy (podélné nitě) a útku (příčné nitě), vzájemně provázaných vazbou tkaniny.“ [15, str. 44]

Osnova - „Soustava nití ležících ve směru délky tkaniny. Skládá se z většího počtu nití rovnoběžných s okraji tkaniny.“ [15, str. 44]

Útek - „Nit kolmá k osnově (příčná soustava nití), ukládá se rovnoběžně s předchozím útkem.“ [15, str. 44]

Vazba tkaniny - „Způsob vzájemného provázání osnovních a útkových nití. Vazba ovlivňuje vlastnosti a vzhled tkaniny. Mezi základní vazby tkanin patří vazba *plátnová*, *keprová* a *atlasová*.“ [15, str. 44]

Střída vazby - „Parametr vyjadřující velikost vazby ve tkanině. Velikost střídy lze charakterizovat počtem osnovních nití (N_o) a počtem útkových nití (N_u). Část vazby, která se v celé ploše tkaniny pravidelně opakuje.“ [15, str. 44]

Vazný bod - „Základní prvek tkaniny. Místo křížení jedné osnovní a jedné útkové nitě. Místo, kde osnovní nit při překřížení leží nad útkovou nití - *osnovní vazný bod*. Místo, kde útková nit leží nad osnovní nití - *útkový vazný bod*.“ [15, str. 44]

Dostava tkaniny - „Parametr udávající hustotu (počet) dané soustavy nití na 100 mm (v praxi na 1 cm). Označení D.“ [15, str. 44]

Technická tkanina - Plošná textilie určená pro užití v průmyslu, zemědělství, apod. nikoli pro osobní použití. Na technickou textilií jsou kladeny přesné specifické požadavky dle účelu jejího použití.

1.4.2. Princip výroby tkanin

Výroba tkanin disponuje určitými výhodami oproti ostatním technikám výroby plošných textilií. Z *hlediska užitné hodnoty* mají tkaniny přiměřenou pružnost, kterou

lze měnit použitím nití z různých materiálů nebo napětím osnovy a útku. Strojní vybavení také umožňuje měnit hustotu a vazbu tkaniny bez nákladné úpravy stroje.

Z ekonomického hlediska se výroba tkanin vyznačuje nízkými materiálovými náklady. Důvodem je skutečnost, že na 1 m² textilie je vyžadována menší váha materiálu například než u pletenin a také délka nití mezi jednotlivými vaznými body je minimální. [14]

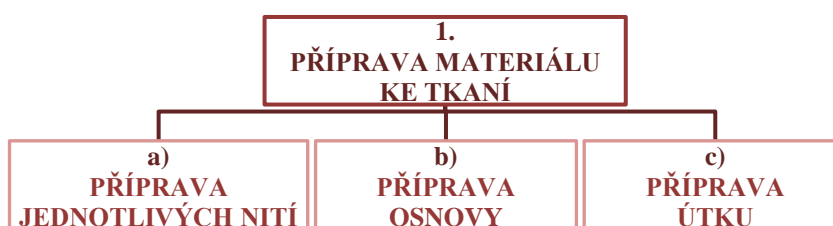
Výroba tkanin v tkalcovnách se realizuje na tkacích strojích. Proces výroby tkanin neprobíhá současně, jedná se o postup technologických operací, jenž je znázorněn prostřednictvím schématu na obrázku 9. Do tkalcoven jsou nitě dodávány v požadované formě dle potřeb zákazníka.



Obr. 9 Postup technologických operací

1. Příprava materiálu ke tkání

První základní technologickou operací je příprava materiálu ke tkání zahrnující proces *přípravy jednotlivých nití, proces přípravy osnovy a útku* (obr. 10).



Obr. 10 Schéma přípravy materiálu ke tkání

a) Příprava jednotlivých nití

V první řadě je nutné vhodně připravit jednotlivé nitě pro vlastní proces tkání. Dle typu nití a požadavků zákazníka mohou být do přípravy zahrnuty operace *soukání a čištění (příze), skaní (příze, multifilu), napařování, tvarování (multifilu) a barvení*.

Tyto operace jsou většinou prováděny v procesu výroby nití (předení, chemická výroba) při dokončovacích pracích, nebo mohou být součástí přípravy materiálu ke tkaní v procesu výroby tkanin.

b) Příprava osnovy

Je druhou operací procesu přípravy materiálu ke tkaní. Proces přípravy osnovy zahrnuje dílčí operace **snování**, **šlichtování**, **navádění** či **navazování** (obr. 11).

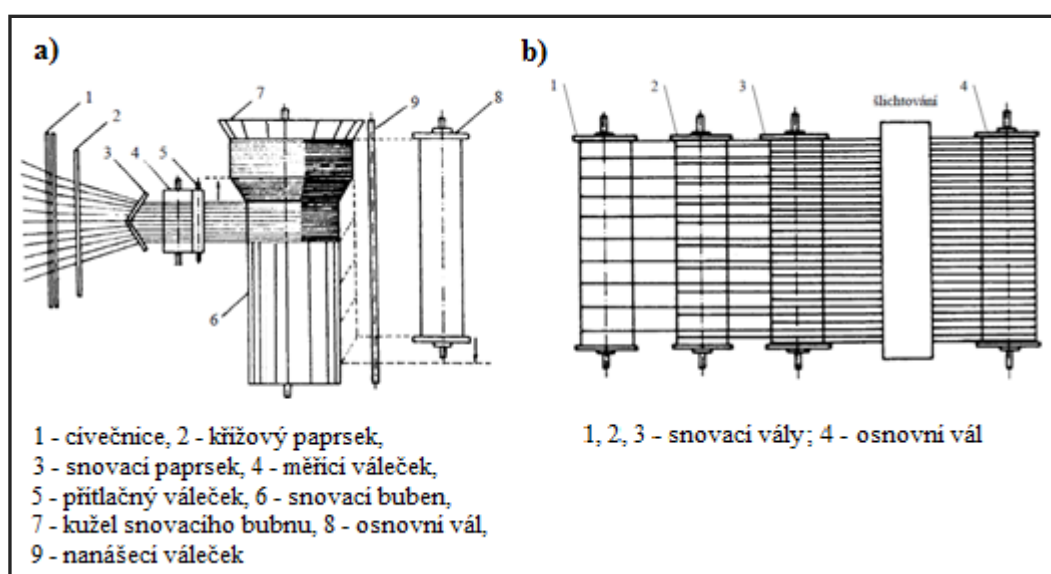


Obr. 11 Schéma proces přípravy osnovy

Snování

Úkolem snování je převinout osnovní nitě z křížových cívek na osnovní vály v požadované dostavě, šířce a délce. Snování může probíhat dvěma způsoby:

Pásové snování je proces, při kterém se snove v *plné dostavě a částečné šíři* (obr. 12 a). **Při válovém snování** se pracuje v *plné šíři a částečné dostavě* (obr. 12 b). Osnovní nitě jsou převinuty na určitý počet snovacích váľů (1, 2, 3 na obr. 12 b), z nichž se dále navinou na společný osnovní váľ. [15]



Obr. 12 a) Pásové snování, b) Válové snování [15]

Součástí snovacích strojů je tzv. **cívečnice**, představující stojan sloužící pro uložení křížových cívek. Křížové cívky jsou na cívečnici nejčastěji uloženy ve vodorovné poloze. Z cívečnice jsou jednotlivé osnovní nitě navíjeny pod určitým napětím do tzv. **křížového paprsku** (obr. 12 a/2), který umožňuje vytvořit snovací kříž, jenž zabezpečuje přesné pořadí osnovních nití. Nitě dále vedou přes **snovací paprsek (hřeben)**, který slouží k nastavení hustoty osnovních nití (obr. 12 a/3). V současnosti je činnost snovacích strojů ovládána počítačem automaticky. [15]

Šlichtování

Druhou operaci přípravy osnovy představuje proces šlichtování, jehož úkolem je nanesení šlichty (šlichtovacího roztoku) na osnovní nitě. Šlichtování se provádí z důvodu mechanizace tkacího procesu. Šlichtovací roztok zajistí osnovním nitím pevnost a hladkost. Nanesení šlichty snižuje přetrhavost osnovních nití a umožňuje lepší práci při navádění a tkání. [15]

Navádění a navazování

Úkolem **navádění** je navést osnovní nitě do tzv. nitěnek a paprsku (viz kapitola Tkání). V současnosti se využívá strojního navádění. Při použití stejných po sobě jdoucích osnov je prováděno tzv. **navazování**. Po navázání osnovních nití se osnova s uzlíky protáhne brdem a paprskem. [15]

c) Příprava útku

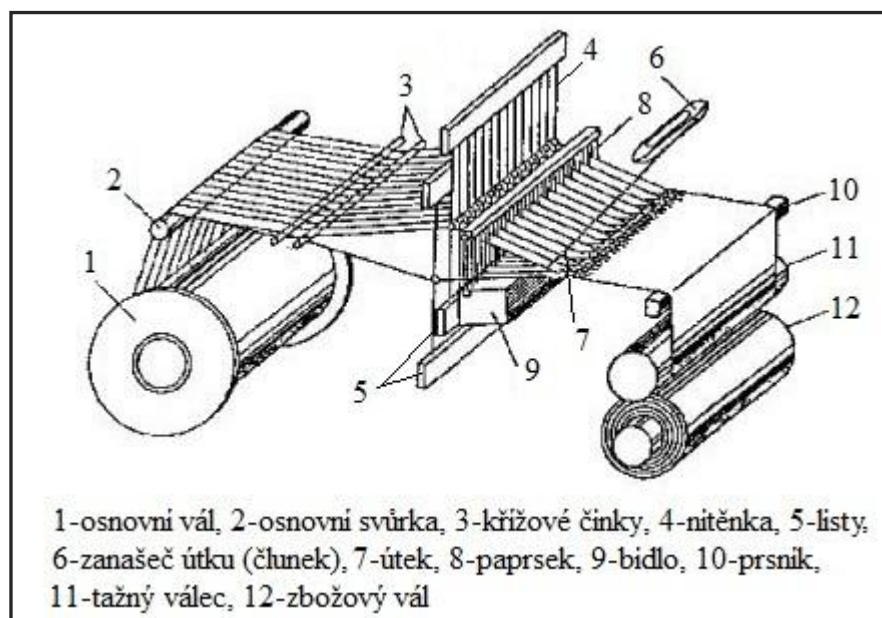
Proces spočívá v přípravě útkových nití, pro následující proces tkání. Příprava útku zahrnuje stejně jako příprava osnovních nití operace **soukání, čištění**, eventuálně **skaní a barvení**. Pokud proces tkání probíhá na člunkových tkacích strojích, je útková nit přesoukávána na přízová tělesa kanety, vytáče či superkopsy. V případě bezčlunkového tkání se využívá klasických křížových cívek válcových či kuželových.

2. Tkání

Druhou základní technologickou operací je proces tkání, který se uskutečňuje na tkacích strojích. Výsledným produktem tkacího procesu je tkanina, která vzniká postupným provazováním dvou pravoúhlých soustav nití (osnovy a útku). Při

provazování dochází k zvlnění nití. Jedná se o zkrácení původní délky nitě osnovy a útku na konečnou délku nitě v tkanině. Parametr vyjadřující toto zkrácení je nazýván *setkání* s označením *E*. [14]

Princip výroby tkanin je znázorněn pomocí schématu tkacího stroje (obr. 13).



Obr. 13 Princip výroby tkanin [16]

Osovní nitě jsou na **osnovním válu** (obr. 13/1) navinuty v plném počtu, rovnoběžně vedle sebe. Osova je z osnovního válu uvolňována prostřednictvím ústrojí k popouštění osnovy (osovní regulátor či brzdy osnovního válu) a následně vedena přes **osovní svůrku** (obr. 13/2) do tkací roviny ve vodorovném směru. Osovní svůrka ovlivňuje napětí osnovních nití.

Tkací rovina představuje plochu mezi osnovní svůrkou (obr. 13/2) a prsníkem (obr. 13/10). **Křížové činky** (obr. 13/3) zajišťují rozdělení a pořadí osnovních nití pomocí nitového kříže. Ovlivňují také délku zadního prošlupu, což je prostor od křížových činek (obr. 13/3) po listy (obr. 13/5).

Osovní nitě jsou dále vedeny do oček **nitěnek** (obr. 13/4). Komplex všech nitěnek uložených ve společném rámu se nazývá **list** a systém všech tkacích listů je **brdo**. Brdo vytváří *tzv. prošlup* (klínovitý prostor mezi osnovními nitěmi). Prošlup vzniká rozdělením osnovních nití do dvou rovin pohybem listů ve svislém směru. Do prošlupu je vkládán **útek** (obr. 13/7) prostřednictvím **zanašeče útku** (obr. 13/6). **Paprsek** (obr. 13/8) upevněný na bidle (obr. 13/9) přirazí útek směrem ke tkanině.

Paprsek současně vede osnovní nitě, prostřednictvím ocelových třtin (zubů), v požadované šíři a zajišťuje jejich stejnoměrnou hustotu. Třtiny pro hydraulické tryskové tkací stroje jsou vyrobeny z nerezavějící oceli. V době přírazu útku ke tkanině se prošlup uzavírá a začíná se tvořit nový prošlup pro další útek. Útkové nitě jsou tedy vkládány do osnovy (prošlupu) postupně, vždy po jedné niti, za jeden pracovní cyklus.

Tkanina je odváděna z tkací roviny přes **prsník** (obr. 13/10), jenž zajišťuje stejnoměrné napnutí tkaniny v příčném směru. Prsník ulehčuje práci **rozpínek**, jejichž úkolem je udržet šíři tkaniny v místě přírazu útku. Tkanina je odtahována pootočením **tažného (drsného) válce** (obr. 13/11) vždy po zanesení útku do prošlupu. Pohyb drsného válce řídí **zbožový regulátor**, který svým pohybem určuje dostavu útku. Tkanina je dále navíjena na **zbožový vál** (obr. 13/12). [14, 15, 16]

Obrázek 14 znázorňuje pracovní cyklus tkání tvořený z pěti základních fází:



Obr. 14 Pracovní cyklus tkání

3. Dokončovací a zušlechťovací práce

Dokončovací závěrečné práce a zušlechťování patří mezi poslední úpravy tkanin. V některých tkalcovnách je kontrola tkaniny prováděna po vyjmutí tkaniny ze stroje. Pokud je tkanina dále upravována, jsou dokončovací práce (kontrola po tkání) většinou vykonávány po operacích zušlechťování.

Celý systém výroby tkanin provází **technická kontrola**, jedná se o systém kontrol tj. *mezioperační kontrola* (před tkáním, při tkání, po tkání) a *výstupní kontrola*. Mezioperační kontrola se zaměřuje na dodržování technologických parametrů tkaniny a také na předcházení jejím vzhledovým vadám. Technická kontrola zabezpečuje kvalitu vyráběné tkaniny.

Zušlechťováním je tkaninám dodáváno vhodných vlastností (barva, lesk, pevnost) potřebných pro účel jejich použití. Proces zušlechťování zahrnuje předúpravu,

barvení, tisk a finální úpravy. Do předúprav tkanin ze syntetických materiálů jsou především řazeny operace *praní, vysoušení a tepelná fixace*.

Závěrečné práce upravených tkanin především zahrnují výstupní kontrolu, která je prováděna na prohlížecím stroji. Kontrolují se vzhledové vady tkaniny, které jsou následně označeny a zaznamenávány. Podle výskytu vad je tkanina ohodnocena dle jakostních tříd. Tkanina je rovněž zvážena, označena etiketou a následně uložena do skladu či předána zákazníkovi (odběrateli). [15]

1.4.3. Tryskový hydraulický tkací stroj

Tryskový hydraulický tkací stroj patří do skupiny **bezčlunkových tryskových tkacích strojů**. Charakteristickým znakem bezčlunkových strojů je zanášení útku (příčné soustavy nití) do prošlupu jiným způsobem (prohozním médiem), než klasickým člunkem.

Historicky první hydraulický tryskový tkací stroj vyráběný v Československu pochází z roku 1951. Vynálezcem prvního hydraulického (také pneumatického) tryskového tkacího stroje byl textilní výzkumník **Vladimír Svatý**, který působil ve Výzkumném ústavu textilním v Liberci. Vynález tryskového vodního stroje spočívá v nahrazení klasického prohozního zařízení **tryskou** a využití **vodního paprsku** místo člunku. [14]

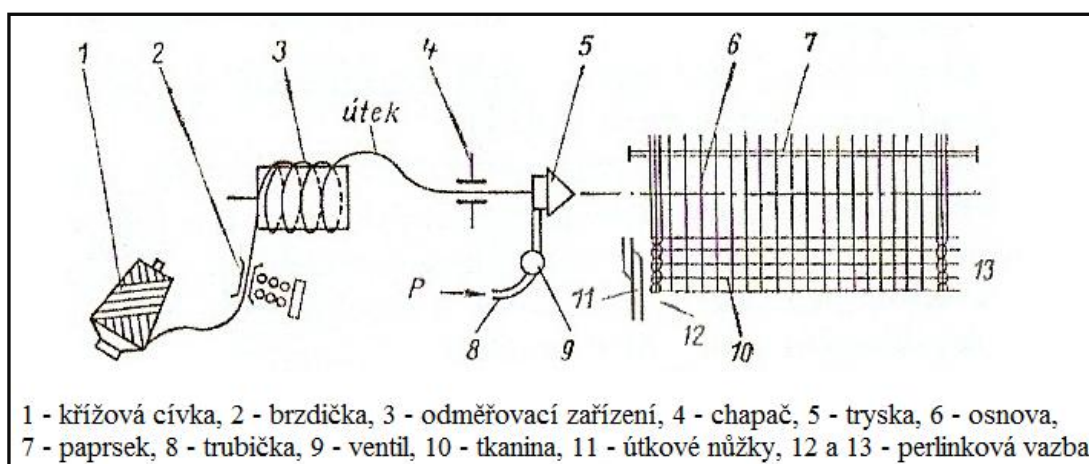
Tryskové stroje hydraulické se nejvíce využívají k výrobě tkanin ze syntetických materiálů. Jsou to poměrně jednoduché stroje, které vynikají vysokou produktivitou práce. Mezi jejich přednosti patří nízká hlučnost stroje, velká zásoba útku a nízký prošlup, což znamená menší namáhání osnovních nití. [15]

Tkácí stroje jsou všeobecně tvořeny z níže uvedených hlavních částí a mechanismů nebo funkčních celků. Liší se od sebe pouze prohozním ústrojím a některými dalšími specifikacemi. Jednotlivé části tkacího stroje jsou podrobněji popsány v kapitole 1.4.3.

- **Konstrukční části stroje:** rám stroje (hlavní hřídele, ložiska), hnací ústrojí (elektromotor, převodové ústrojí, spojka, brzda, zpětný chod), systémy elektroinstalace a kontroly, rozvod médií.

- **Funkční mechanismy:** mechanismus prošlupní (s tkacími listy), prohozní (vedení, brzdění zanašeče), přírazový (včetně paprsku), popouštění osnovy (osnovní regulátor, osnovní svůrka), odtah tkaniny (rozpínky, zbožový regulátor, navíjecí zařízení).
- **Pomocné, přídavné mechanismy:** osnovní a útkové zarážky, signalizační zařízení, zařízení pro zpevnění krajů, měřicí zařízení, datové sběrnice a ovládání stroje, rozpínky, ochranné kryty, pojistky, centrální mazání, apod. [14, 15]

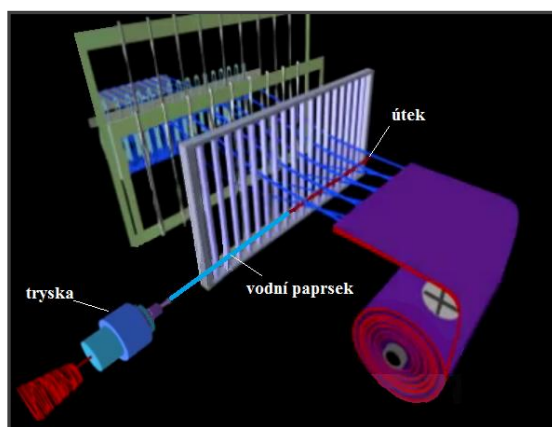
Prohozní ústrojí hydraulického tryskového stroje je pevně připojeno na rám stroje. K prohozu útku je využíváno **vstřikovací trysky** a prohozní látky **vody**. Vstřikovací čerpadlo je namontováno přímo na stroji. Zásoba útku je uložena na nehybné cívce (s křížovým vinutím) velkého formátu mimo prošlup.



Obr. 15 Princip tryskového prohozu [14]

Princip tryskového prohozu (obr. 15) spočívá v odvinutí útkové nitě z křížové cívky (obr. 15/1), která prochází brzdičkou (obr. 15/2) a v odměření (obr. 15/3) potřebné délky útku pro jeden prohoz. Cívky s útkovou nití jsou uloženy na cívečnici umístěné po levé straně stroje. Voda je do trysky (obr. 15/5) přiváděna trubičkou (obr. 15/8) a v okamžiku prohozu zanáší útek do prošlupu (obr. 16). Kapalina je ke stroji přiváděna potrubím, dále prochází filtrem a plnicím otvorem do válce čerpadla. Pomocí filtru se voda zbavuje přísad, které by mohly tvořit usazeniny.

Útek je zanášen zpravidla jen z jedné strany, a to zleva. Po prohozu je pevně sevřen chapačem (obr. 15/4). Dále je přiřazen paprskem (obr. 15/7) do tkaniny a odstřižen u trysky nůžkami (obr. 15/11).



Obr. 16 Zanesení útku do prošlupu vodním paprskem

Útek letící velkou rychlostí je rovněž i paprskem zbrzděn. Paprsek při pohybu ke tkanině narazí na mokrý útek, který na něj přilne. Tím se útek zabrzdí a současně je také zabráněno jeho podélnému smrštění. Po každém prohozu je útek odstřižen, okraje tkaniny jsou tedy volné. Aby nedocházelo k uvolnění okrajů tkaniny, jsou útky upevněny perlinkovou vazbou (obr. 15/12, 15/13). [14, 15]

Tkací rovina (viz kapitola 1.4.2) hydraulického tryskového tkacího stroje je skloněná pod úhlem (cca 36°) směrem dolů ke tkanině vzhledem k snazšímu odvádění vody z listového prostoru. **Třtiny (zuby) paprsku** hydraulických tryskových tkacích strojů jsou vyráběny z nerezavějící oceli. **Odtahové (drsňé) válce** pro tkaniny vyráběné z nekonečných vláken, jsou opatřeny potahem ze zvrásněné pryže či plastických hmot.

Výroba technické airbagové tkaniny je v podniku TTCE realizována na tryskovém hydraulickém tkacím stroji **ZW408 Water Jet Loom (Tsudakoma)**. Tabulka 3 znázorňuje základní technické parametry tkacího stroje.

Tabulka 3 Technické parametry tkacího stroje [17]

ZW408 WATER JET LOOM	
HNACÍ ÚSTROJÍ	ELEKTROMOTOR
OVLÁDÁNÍ STROJE	ELEKTRONICKÝ
PROŠLUPNÍ MECHANISMUS	S LISTOVÝM BRDEM / VAČKOVÝ
PROHOZNÍ MECHANISMUS	TRYSKOVÝ / HYDRAULICKÝ
PROHOZNÍ MÉDIUM	KRUHOVÁ TRYSKA / KERAMICKÁ JEHLA / VODA
OSNOVNÍ SVŮRKA	3 - VÁLEČKOVÁ
OTÁČKY TKACÍHO STROJE	600 [ot/min]
PROHOZ JEDNOHO ÚTKU	1 [ot ⁻¹]

2. FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU

V současné době zákazník (odběratel) považuje nákup kvalitního výrobku za samozřejmost. Základním předpokladem splnění jeho potřeb a očekávání jsou především kvalifikovaní řídicí pracovníci působící ve výrobním podniku. Jakost výrobku je důležitým faktorem, který ovlivňuje zejména zisk a postavení organizace na světovém trhu. V současné době znamená postavení společnosti na trhu organizací důležitou funkci. Proto udržení a upevnění dodavatelsko-odběratelských vztahů je na prvním místě.

Diplomová práce se zabývá snížením počtu vad technické airbagové tkaniny, vznikajících v procesu tkaní na tryskových hydraulických tkacích strojích. Především se jedná o problematiku rozvláknění osnovních nití, které navyšuje počet vad technické tkaniny. Z nichž závažné jsou zejména přetržené osnovní nitě a celokusová vada nопkovitost (viz kapitola 4.2).

Výskyt vad tkaniny je pravděpodobně zapříčiněn namáháním osnovních nití vlivem tření a jejich dodatečným namáháním v tahu. Tyto problémy podstatně ovlivňují konečné vlastnosti technické airbagové tkaniny. Proto je nutné po provedení úpravy tkacího stroje realizovat laboratorní zkoušky mechanických vlastností tkaniny. Následně provést několik statistických testů a ověřit, zda úprava tkacího stroje nijak neovlivní konečné vlastnosti tkaniny.

Pro společnost TTCE výskyt vad tkaniny znamená finanční náklady za špatnou jakost výrobku. V případě, že zákazník (odběratel) obdrží nekvalitní tkaninu, dochází mezi výrobcem a odběratelem ke kompenzaci. Vysoký počet vad pro výrobce znamená vysokou finanční ztrátu a menší spokojenost zákazníka. Z toho důvodu bylo nutné provést zásah do výrobního procesu a snížit tak počet vad tkaniny.

3. VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

V souvislosti s výše uvedeným byly vymezeny cíle této diplomové práce. Hlavním úkolem práce je snížit počet vad technické airbagové tkaniny a současně dodržet její specifické vlastnosti.

Prvním cílem této diplomové práce je analyzovat kompletní výrobní proces tkání airbagové technické tkaniny v podniku TTCE, dále identifikovat vzhledové vady technické tkaniny určené pro výrobu kolenních airbagů. Úkolem je stanovit celkový počet vad technické tkaniny.

Druhým cílem práce je navrhnout vhodné řešení, které povede k redukci počtu vad. Řešení budou orientována na úpravu tkacího stroje, případně změnu nastavení technických parametrů stroje.

Po provedení změn je úkolem laboratorně vyměřit důležité vlastnosti technické airbagové tkaniny *tzv. kritické parametry*. Především se jedná o zkoušení mechanických tahových vlastností:

- *zkouška pevnosti v tahu tkaniny,*
- *zkouška odolnosti tkaniny proti uvolňování nití ve švu.*

Úkolem diplomové práce je statisticky analyzovat a vyhodnotit naměřená experimentální data sledovaných znaků jakosti. Vyhodnocení bude provedeno pomocí základních nástrojů řízení jakosti. Jmenovitě aplikací regulačních diagramů a ukazatelů výkonnosti procesu.

Dle příslušné specifikace parametrů „kvality“ airbagové tkaniny bude nutné následně ověřit, zda jsou vlastnosti tkaniny v souladu s požadavky zákazníka.

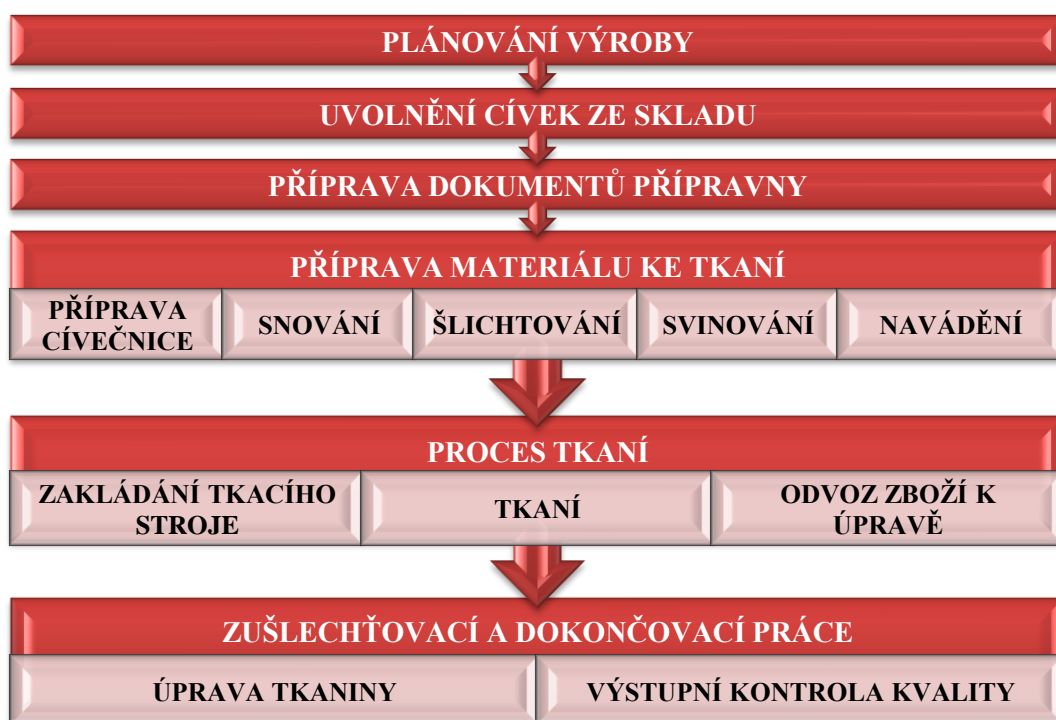
V neposlední řadě je úkolem diplomové práce porovnat výskyt počtu vad technické tkaniny před úpravou a po úpravě tkacího stroje. Na jejich základě stanovit, zda navržené řešení povede ke snížení počtu vad tkaniny.

4. ANALÝZA VÝROBNÍHO PROCESU TKANÍ V PODNIKU TTCE

4.1. Proces výroby technické tkaniny určené pro kolenní airbagy

Výrobní sortiment společnosti TTCE zahrnuje produkci polyamidových technických tkanin určených pro výrobu čelních a kolenních automobilových airbagů. Diplomová práce je zaměřena na *výrobu polyamidové technické tkaniny určené pro kolenní airbag*.

Cílem této kapitoly je zmapovat kompletní proces výroby polyamidové tkaniny v podniku. Úplný proces výroby technické tkaniny vyobrazuje schéma na obrázku 17.

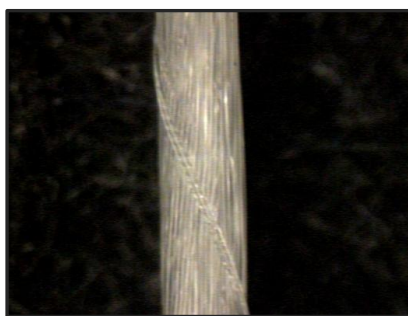


Obr. 17 Schéma kompletního procesu výroby technické tkaniny

Samotnému procesu výroby tkaní předchází plánování výroby, jako první základní funkce řízení výroby. *Úkolem plánování výroby v podniku TTCE* je specifikovat jednotlivé procesy realizace výrobku, procesy jakosti (jakostní znaky) a zdroje (lidské, materiálové, ...), které mají být použity pro konkrétní výrobek. Důležitým úkolem je stanovit systém kontrol celého výrobního procesu a jejich

rozdělení. Jedná se například o to, jaké znaky se mají v každém místě kontrolovat a zkoušet. Jaké postupy, kritéria a nástroje by měli být v procesu výroby použity.

Vstupním materiálem pro výrobu technické tkaniny jsou cívky **polyamidu 6.6** s křížovým vinutím. Multifil PA 6.6 obsahuje ve svazku 136 vláken (obr. 18). Svazek jednotlivých vláken je vždy propleten (proviřován) pomocí vzduchu v x bodech. Cívky jsou dodávány v požadované formě přímo od thajské společnosti *Thai Toray Synthetics Company Limited (TTS)*. Tyto cívky již nejsou v podniku TTCE nijak upravovány. Pro osnovu i útek jsou použity stejné cívky multifilu PA 6.6. Při převzetí zásilky cívek od výrobce (dodavatele) je v první řadě provedena kontrola dodacího listu.



Obr. 18 Multifil PA 6.6 [1]

Pokud je zásilka v pořádku, dochází k jejímu uskladnění. V případě jejího poškození se zásilka ukládá do karantény. V první fázi procesu výroby je podán požadavek k **uvolnění cívek s materiálem ze skladu**. Cívky osnovních nití jsou následně odebrány ze skladu a přichystány pro přípravu.

Před přípravou materiálu ke tkaní a samotným procesem tkaní je nutné **přípravit patřičné dokumenty přípravy**. Dokumenty pro „osnovu“ jsou přiřazeny k jednotlivým strojním zařízením (tj. cívečnice, snovací vál, osnovní vál, naváděcí stroj), na kterých probíhá kompletní příprava osnovy. Veškeré tyto doklady obsahují závazné požadavky, které je nutné dodržovat a soustavně kontrolovat. Útkové cívky jsou přímo ze skladu odvezeny na tkalcovnu. Cívky jsou opatřeny kusovým lístkem, který slouží ke kontrole.

Prvním krokem přípravy materiálu ke tkaní je **příprava cívečnice** (viz kapitola 1.4.2). Cívečnice pro výrobu polyamidové tkaniny obsahuje přibližně **578 cívek osnovních nití** a vždy jednu náhradní zálohovou cívku navíc. Váha jedné cívky je přibližně 10 kg, což znamená zatížení cívečnice cca 6 tun. Cívky jsou na cívečnici uloženy ve vodorovné poloze (obr. 19).



Obr. 19 Příprava cívečnice, snování [1]

V další fázi přípravy osnovy dochází k **válovému snování** (viz kapitola 1.4.2). Nejprve jsou jednotlivé nitě z cívečnice navedeny do křížového paprsku, do nitěnek a dále do snovacího hřebenu. Následně jsou osnovní nitě převinuty na určitý počet snovacích váľů. V procesu výroby polyamidové tkaniny pro kolenní airbasy je použito **8 snovacích váľů, tzn. celkem 4624 osnovních nití**.

Osnovní nitě jsou před samotným navedením do nitěnek olejovány. Olejování se provádí z toho důvodu, aby se snížilo poškození nitěnek vlivem tření. Jednotlivé snovací váľy jsou označeny kusovým lístkem (obr. 20).

Při procesu svinování dochází k převinutí osnovních nití z osmi snovacích váľů na jeden osnovní váľ.



Obr. 20 Proces snování [1]

Před samotným navinutím osnovních nití je provedeno **šlichtování** - ručně postřikem. Při ukončení navinutí osnovních nití na osnovní váľ je **nit'ový (snovací) kříž**, zajištěn barevně odlišnou nití. Nepochází tak k promíchání pořadí osnovních nití. Následuje uzavření osnovního váľu speciální lepicí páskou a odstříhem. Osnovní váľ je

opatřen kusovým lístkem, jenž obsahuje údaje o počtu osnovních nití, jejich napětí, délce návínu apod.

Závěrečnou operací přípravy osnovy ke tkaní je proces **navádění osnovních nití do nitěnek a paprsku** (obr. 21).



Obr. 21 Proces navádění [1]

Při navádění se provádí další olejování osnovních nití. V procesu je využito strojního navádění (2 osnovní nitě jsou navedeny do 1 zubu paprsku). Paprsek po té zůstává připevněný na osnovním vále, se kterým je následně dopraven na tkalcovnu.

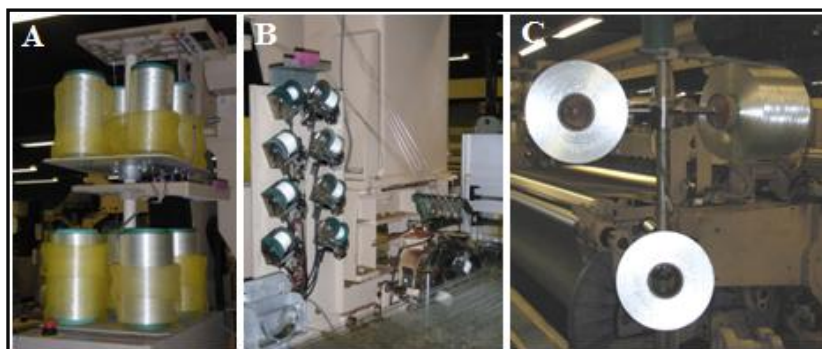
Po přípravě osnovy a útku následuje vlastní proces tkaní. Výrobní proces je realizován na vačkových tryskových hydraulických tkacích strojích (obr. 22). Popis stroje je součástí kapitoly 1.4.2).



Obr. 22 Tkalcovna s tryskovými hydraulickými tkacími stroji [1]

Před samotným tkaním dochází k **tzv. zakládání stroje**, jenž představuje uložení připraveného osnovního válu do tkacího stroje. Dále jsou založeny **tzv. cívky Catch**

Cord (Multifil PA 6.6), které slouží k odvedení odstřižených (cca 7 cm) konců útkových nití z pracovního prostoru stroje (obr. 23 a).




Obr. 23 a) Catch Cord cívky, **b)** Leno cívky, **c)** Útkové cívky

Dále je provedeno, navedení *tzv. Leno cívek* (Monofil PA 6.6), které slouží ke zpevnění volných okrajů tkaniny (obr. 23 b). V další fázi přípravy tkacího stroje je elektronicky nastavena tahová síla osnovních nití. Veškeré tyto operace jsou prováděny za pravidelné kontrolní činnosti. V poslední fázi jsou navzájem na sebe navázány tři útkové cívky (obr. 23 c) a útek je naveden do vstřikovací trysky.

Po přípravě tkacího stroje dochází k samotnému *procesu tkaní*. Princip výroby technické tkaniny je shodný se základním postupem popsáním v kapitole 1.4.2. Tkací hydraulický tryskový stroj je po dobu vytkání osnovního válu opatřen kusovým lístkem.

Tabulka 4 vyobrazuje výrobní předpis technické tkaniny, jenž slouží pro kontrolu konstrukčně technologických parametrů. Z důvodu využití vody k zanesení útku do prošlupu, je nutné *dosoušení tkaniny*, které je prováděno mimo tkací stroj. Po dokončení výrobního procesu je tkanina odvezena k úpravě.

Tabulka 4 Výrobní předpis

TECHNICKÁ TKANINA PA 6.6			
MATERIÁLOVÉ SLOŽENÍ	100 % POLYAMID 6.6		
BARVA	REŽNÁ		
VAZBA TKANINY	ZÁKLADNÍ PLÁTNOVÁ	<p>P 1/1</p>  $P \frac{N_o}{N_u} ; P \frac{1}{1} (2 \times 2)$ <p>Počet osnovních vazných bodů...N_o Počet útkových vazných bodů...N_u Střída vazby.....(2x2)</p>	
PARAMETRY		HODNOTA	JEDNOTKY

POUŽITÝ POČET NITÍ PŘI TKANÍ <i>n</i>	OSNOVA	4 624,0	[-]
	ÚTEK	62,5	[1/inch]
	LENO	20,0	[-]
	CATCH CORDE	8,0	
DOSTAVA	OSNOVY (D _o)	22,2	[pn/1 cm]
	ÚTKU (D _u)	24,6	
ŠÍŘE TECHNICKÉ TKANINY			
ŠÍŘE TKANINY	PAPRSKOVÁ	222,2	[cm]
SETKÁNÍ	ÚTEK	6,0	[%]
ODPAD		0,5	
ŠÍŘE TKANINY	REŽNÁ	208,6	[cm]
SRAŽENÍ ŠÍŘE TKANINY	ÚPRAVOU	1,5	[%]
ŠÍŘE TKANINY	HOTOVÁ	205,5	[cm]
DÉLKA TECHNICKÉ TKANINY			
DÉLKA TKANINY	SNOVANÁ	1168,5	[m]
SETKÁNÍ	OSNOVA	12,0	[%]
ODPAD		2,0	
DÉLKA TKANINY	REŽNÁ	1025,0	[m]
SRAŽENÍ DÉLKY TKANINY	ÚPRAVOU	0,5	[%]
DÉLKA TKANINY	HOTOVÁ	1019,88	[m]

Úprava polyamidové technické tkaniny pro kolenní airbagy je v podniku prováděna na univerzální lince, která slouží k praní, sušení a tepelné fixaci (obr. 24).



Obr. 24 Úpravnická linka [1]

Proces úpravy tkaniny zahrnuje pouze předúpravu. Tkanina se již dále nebarví a jinak neupravuje. V první fázi úprav probíhá *praní tkaniny*. Proces je zaměřen především na odstranění nanesených pomocných prostředků (šlichty a oleje).

Dále dochází k sušení tkaniny v sušícím poli s cirkulačním ofukováním. V poslední fázi úprav je prováděna **tepelná fixace tkaniny**. Při termofixaci dochází k tvarové a rozměrové stabilitě, zároveň se zvyšuje hustota vláken.

Při úpravě dochází k zúžení tkaniny na hotovou šíři i délku. Požadovaná šíře je nastavena pomocí napínacího rámu. Podélného vysrážení je docíleno upevněním tkaniny s **tzv. předstihem** (tkanina je přiváděna větší rychlostí, než jakou je odváděna). Tepelná fixace se provádí za stálého napínání při teplotě cca 180 °C. Po fixaci dochází k ochlazování tkaniny vzduchem a chladicími válci.

Závěrečnou operací celého výrobního procesu tkaní je **výstupní kontrola kvality** hotové technické tkaniny. Kontrola probíhá na prohlížecím stroji (obr. 25).



Obr. 25 Inspekční prohlížecí stroj [1]

Kontrolovány jsou především **vady tkaniny způsobené během tkacího procesu** tj. rozvláknění, přetržená elementární vlákna, nopkovitost, uzlík, nerovnoměrná dostava ad.). Dále jsou kontrolovány vady tkaniny způsobené při jejich úpravě tj. lomy, zúžení tkaniny. Kontrolní prohlížecí deska stroje je prosvětlena umělým osvětlením, které slouží k lepší identifikaci vad tkaniny. Při výskytu vad dochází k jejich označení, zaznamenávání a počítání.

Výsledným dokumentem je **inspekční karta**, která obsahuje celkový počet vad objevující se na určité kontrolované délce tkaniny. Na stroji mimo jiné probíhá ořez okrajů na konečnou šíři a označení tkaniny čárovým kódem. Hotová tkanina je opatřena kusovým lístkem, jenž obsahuje údaje o délce, šíři a kvalitě tkaniny.

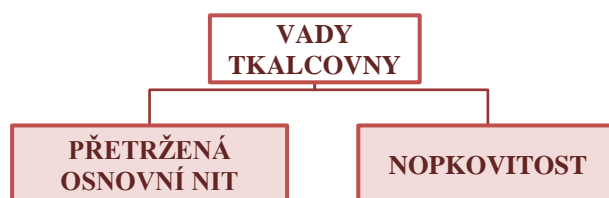
4.2. Identifikace vad při výrobě technické polyamidové tkaniny

Cílem této kapitoly je identifikovat vzhledové vady technické tkaniny určené pro výrobu kolenních airbagů. Zhoršení kvality tkaniny (výskyt vad) s sebou přináší jisté ekonomické následky. Pro společnost TTCE tyto problémy znamenají finanční ztráty (náklady na špatnou jakost výrobku). Snahou společnosti je tedy vyrobit tkaninu s co nejmenším počtem vad.

Základním hlediskem pro určení vad tkanin je dle normy ČSN 80 0025 *Názvosloví vad tkanin* jednoznačně jejich vzhled. Vady tkanin jsou dle normy [18, str. 1] rozděleny do následujících dvou skupin:

1. **Místní vady** – Vady rozložené (vyskytující se) na omezeném úseku tkaniny,
2. **Celokusové vady** – Vady vyskytující se po celé délce kusu nebo na jeho značné části.

V rámci diplomové práce byly vymezeny dvě nejzávažnější vady tkaniny, které negativně ovlivňují její konečný vzhled. Jedná se především o tyto vady (obr. 26):

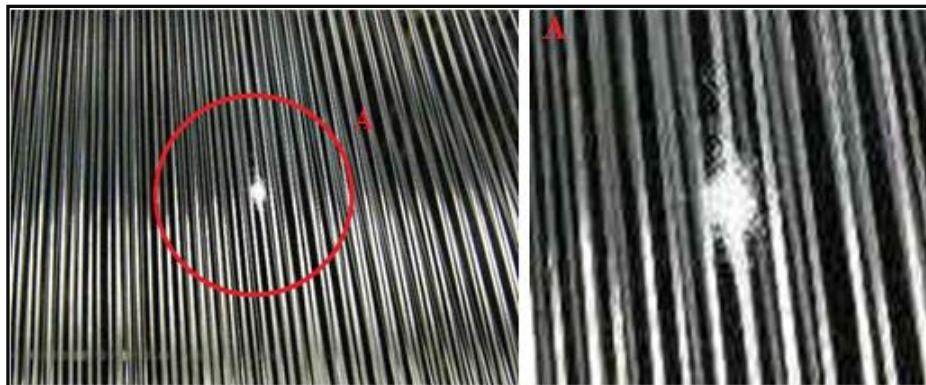


Obr. 26 Vady tkalcovny

Dle normy ČSN 80 0025 [18, str. 3, 5] jsou tyto vady definovány jako:

- **Přetržená osnovní nit** – *místní vada, chybějící osnovní nit na určité délce. Jeví se jako úzký pásek (žebříček) s nesprávným provázáním ve směru osnovy s nedostatečnou dostavou.*
- **Nopkovitost** – *celokusová vada, výskyt malých shluků z jednoho nebo více shrnutých (propletených) elementárních vláken na povrchu tkaniny.*

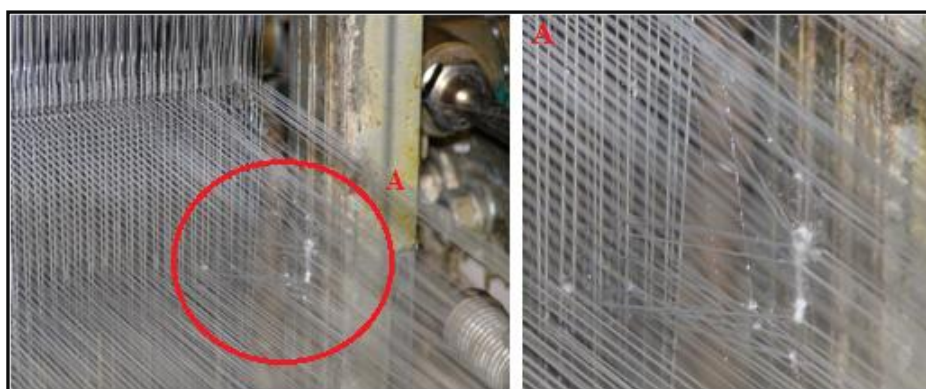
Při výrobě dochází k *tzv. rozvláknění osnovních nití*, které navyšuje počet vad tkaniny (obr. 27). Rozvláknění osnovních nití znamená vzájemné uvolnění elementárních vláken ze svazku multifilu PA 6.6.



Obr. 27 Rozvláknění osnovní nitě při tkaní

K jeho vzniku může docházet již při počátečním zpracování osnovních nití, nebo při jejich přípravě ke tkaní (tzn. při snování a navádění). K uvolnění elementárních vláken může dále docházet při samotném procesu tkaní. V tomto případě může být rozvláknění zapříčiněno jakoukoli překážkou na cestě osnovních nití z osnovního válu, až k samotné tkanině.

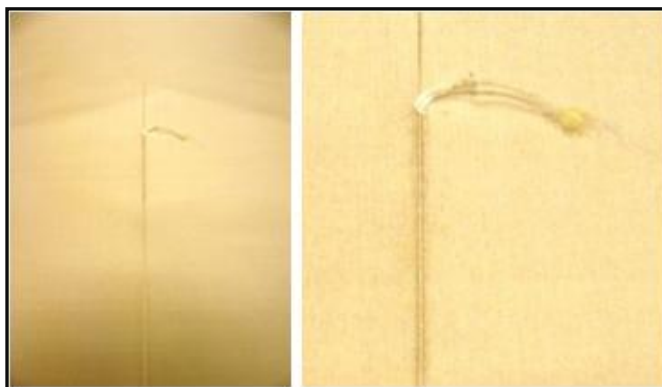
Například může vznikat při pohybu osnovních nití přes pevně uloženou osnovní svůrku tkacího stroje, nebo při kontaktu osnovní nitě s nitěnkou a třtinami paprsku. V tomto případě se osnovní nitě dostávají do kontaktu s částmi tkacího stroje. Vlivem působení třecích sil může tedy docházet k rozvláknění multifilu. V jiném případě může být příčinou i jakákoliv nečistota, která způsobí uvolnění elementárních vláken ze svazku.



Obr. 28 Namotání elementárního vlákna na vedlejší osnovní nit

Rozvláknění je mnohdy příčinou vzniku vad, jako je **přetržení elementárních osnovních vláken**. To může vést k následnému **přetržení celé osnovní nitě**.

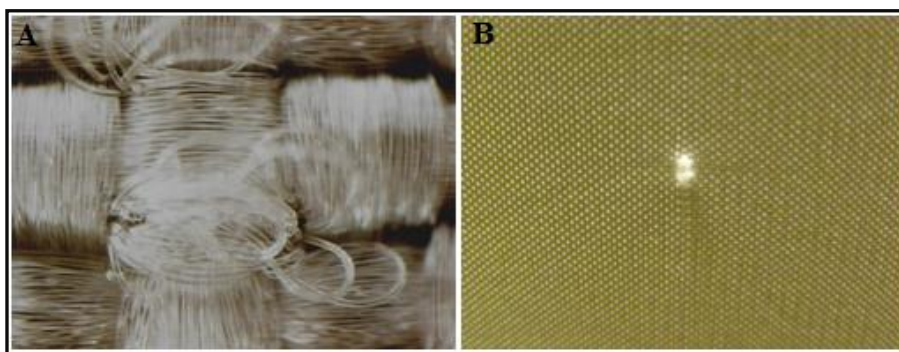
Ve většině případů po přetržení jednoho elementárního vlákna dochází k jeho namotání na vedlejší osnovní nit (obr. 28). Elementární vlákno poté přitahuje celou osnovní nit k vedlejší osnovní niti a nedochází tak k úplnému otevření při prošlupu. Při otevření prošlupu jsou osnovní nitě více namáhané. Může tak dojít k přetržení celé osnovní nitě. Tato vada se pak na povrchu tkaniny projevuje jako úzký chybějící pruh ve směru osnovy (obr. 29). Mimo jiné i namáhání osnovních nití vyšší tahovou silou 5800 N (tj. 125 cN/1 nit), může pravděpodobně negativně přispět ke vzniku vad tkaniny.



Obr. 29 Přetržená osnovní nit

K přetržení, resp. přeřezání celé osnovní nitě může navíc docházet i najednou a to prostřednictvím vadného oka nitěnky či ostrého paprsku.

V jiném případě vzniká **tzv. nopkovitost** (obr. 30). Přetrhnutá elementární vlákna při svém pohybu narazí na nitěnky a po té vystupují na povrch tkaniny. V důsledku shromažďování přetrhnutých elementárních vláken pak vzniká nopkovitost.



Obr. 30 Nopkovitost **A)** Mikroskopický pohled **B)** Makroskopický pohled

4.2.1. Vyhodnocení vad technické tkaniny pomocí Paretova diagramu

K vyhodnocení neshod neboli četnosti výskytu vad tkaniny, byl využit tzv. *Paretův diagram*. Paretův diagram je jedním ze základních nástrojů managementu jakosti a slouží pro názornou prezentaci problému.

Paretův princip je formulován: „*Většina problémů s jakostí (cca 80-95 %) je způsobena pouze malým podílem (cca 15-20 %) činitelů (nositeli nedostatků), jež se na nich podílejí*“.

[4, str. 200]

Pomocí Paretova diagramu je možné identifikovat tzv. životně důležitou menšinu. Ta představuje malou skupinu činitelů, které se nejvíce podílejí na analyzovaném problému (tj. na zhoršené kvalitě tkaniny).

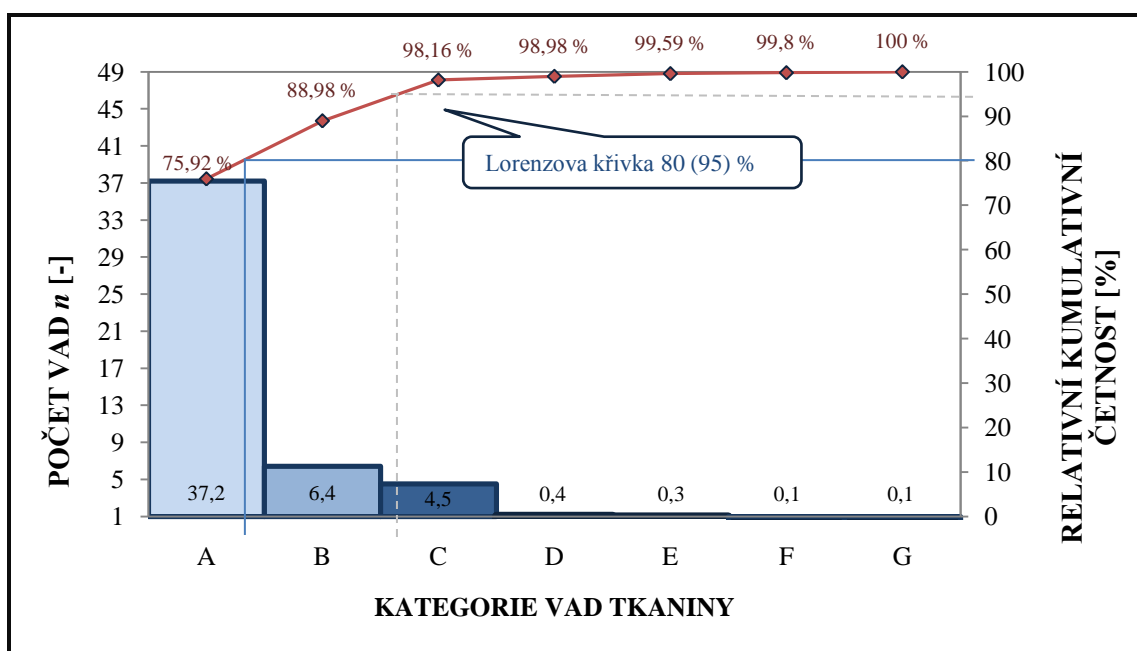
Celkový počet vad tkaniny byl stanoven před úpravou tkacího stroje za období 1. 7. – 30. 9. 2010. Podklady tvořily inspekční karty podniku TTCE (viz kapitola 4.1). Tabulka 5 znázorňuje jednotlivé vady tkaniny. Ve třetím sloupci je uveden celkový počet vad vyskytujících se na délce 18 595,8 m. Ve čtvrté sloupci je pomocí pravidla přímé úměrnosti stanoven počet vad na 1 000 m tkaniny. To odpovídá požadované délce hotové tkaniny stanovené zákazníkem. Na základě těchto údajů byl následně sestrojen Paretův diagram (obr. 31).

Tabulka 5 Tabulka hodnot pro sestrojení Paretova diagramu – před úpravou stroje

SKUPINA	DRUH NESHODY (VADY TKANINY)	POČET VAD/18 595,8 m	POČET VAD/ 1000 m	KUMULATIVNÍ ČETNOST	RELATIVNÍ KUMULATIVNÍ ČETNOST [%]
A	Nopek	692	37,2	37,2	75,92
B	Přetržená osnovní nit	119	6,4	43,6	88,98
C	Dvojitý útek (dvoják)	84	4,5	48,1	98,16
D	Skvrna	8	0,4	48,5	98,98
E	Zatkaná hrubá nit	6	0,3	48,8	99,59
F	Neprovázaná nit	2	0,1	48,9	99,80
G	Stopa po zastavení stroje	2	0,1	49,0	100,0

Uspořádaný sloupcový graf porovnává výskyt počtu vad. Spojnicový graf (tzv. Lorenzova křivka) vyjadřuje hodnoty relativní kumulativní četnosti. Kumulativní četnost je stanovena jako kumulativní součty vad tkaniny. Ta se dále vyjádří

v procentech (Relativní kumulativní četnost) celkového počtu vad vztahujících se ke všem vadám.



Obr. 31 Paretův diagram – celkový počet vad tkaniny před úpravou tkacího stroje

Většina problémů s kvalitou technické airbagové tkaniny tzn. přibližně 80-95 % je způsobena podílem cca 5-20 % výskytu vad **A** (tj. nopkovitost) a **B** (tj. přetržená osnovní nit). Pokud by se tento výskyt vad snížil na nulu, znamenalo by to odstranění cca 80-95 % problémů.

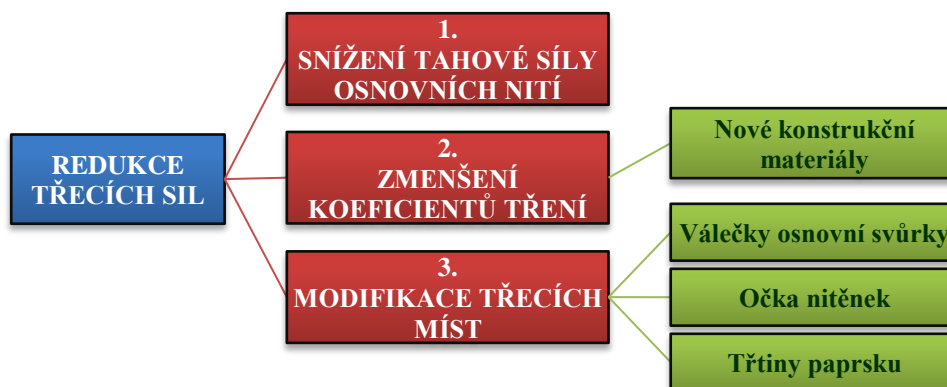
5. NÁVRH NOVÉHO ŘEŠENÍ

Cílem této kapitoly je navrhnout vhodné řešení, které by vedlo ke snížení počtu vad technické airbagové tkaniny. Návrh pro zlepšení kvality technické tkaniny byl hledán na základě požadavků firmy TTCE. Autorka se především zaměřila na koncept snížení počtu vad tkalcovny, tzn. vad vznikajících při procesu tkaní (obr. 32). Na základě provedené analýzy, lze za problémovou oblast tkacího procesu považovat mechanické části tkacího stroje, které jsou v přímém kontaktu s osnovními nitěmi.



Obr. 32 Vady airbagové technické tkaniny

Koncept návrhu řešení je zaměřen na redukci výskytu vady - *rozvláknění osnovních nití* (viz kapitola 4.2.). Uvolnění elementárních vláken ze svazku multifilu, pravděpodobně vzniká v důsledku působení třecích sil mezi osnovními nitěmi a mechanickými díly tkacího stroje. Tření zajišťuje soudržnost vláken v niti, avšak příliš vysoké tření je příčinou porušení jejich povrchů. Na základě této skutečnosti byly navrženy varianty snížení tření či úplného odstranění některých třecích míst. Schéma na obrázku 33 znázorňuje varianty návrhů možných řešení.



Obr. 33 Varianty návrhů nových řešení

První variantou je snížení tahové síly F [N] osnovních nití. To představuje snížení vnitřních sil a částečně i snížení účinku vnějších sil (tření). Snížení tahové síly je z hlediska dodržení požadavků kvality tkaniny považováno za riskantní. Tahová síla 125 cN/nit patří k vyšším tahovým silám a může tedy osnovní nit nadměrně namáhat. Dle dostupných informací není však hlavní příčinou vzniku rozvlákněných míst.

Dalším návrhem je zmenšení koeficientů tření stykových ploch osnovních nití a povrchů mechanických částí stroje (válečky osnovní svůrky). To představuje nahrazení povrchů novými konstrukčními materiály. Tato varianta je nákladná a pro společnost TTCE neefektivní.

Při pohybu osnovních nití po netextilním povrchu (tj. válečky osnovní svůrky, očka nitěnek, třtiny paprsku) vzniká třecí síla. Nitěnky a paprsek tvoří základní funkční části stroje, a proto jsou pro tkací proces nezbytně nutné. V tomto případě je možné provést pouze kontrolu jejich poškození a opotřebované části případně nahradit novými.

Nejrychleji realizovatelnou a především nejméně nákladnou variantou je **odstranění třetího válečku osnovní svůrky** stroje. Tkací stroj ZW408 Tsudakoma je opatřen třemi válečky osnovní svůrky. První váleček je uložen na nehybném hřídeli (tj. pevná svůrka). Váleček vlivem třecích sil koná otočný pohyb. Funkce tohoto válečku spočívá ve vedení osnovních nití do tkací roviny. Druhý váleček vykonává nuceně výkyvný pohyb. Tato svůrka svým pohybem ovlivňuje tahovou sílu osnovy při rozevírání prošlupu. Na tkacím stroji se dále nachází třetí váleček osnovní svůrky, který stejně jako první váleček koná pouze otočný pohyb. Dle dostupných informací je známo, že předchozí typy stroje nebyly opatřeny třetím válečkem osnovní svůrky. Nabízí se proto řešení tento váleček odebrat.

Tření představují vnější působení sil na osnovní nitě. V případě pevně uložených neotočných válcových ploch je možné míru namáhání vyjádřit dle tzv. *Eulerova vztahu* pro pohyb ohebných útvarů po válcovém drsném povrchu:

$$F = F_0 \cdot e^{\alpha \cdot f} \quad (5.1)$$

F - Tahová síla za třecím místem

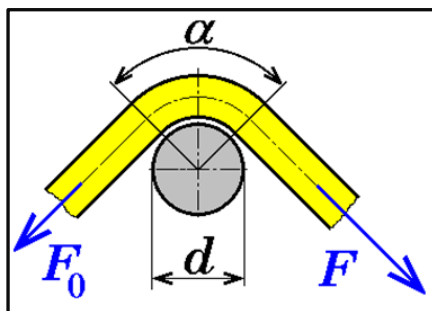
F_0 - Tahová síla před třecím místem

e - Eulerovo číslo (2,718)

α - Úhel opásání mezi normálami v místě dotyku s povrchem

f - Součinitel smykového tření

Obrázek 34 je grafickým znázorněním poměru sil F a F_0 v laně před a za místem dotyku s povrchem.



Obr. 34 Smýkání lana po válcové ploše [19]

V konkrétním případě jsou všechny válečky osnovních svůrek uloženy otočně. Z tohoto důvodu není možné zcela Eulerův vztah aplikovat na tento případ. Válečky osnovních svůrek jsou roztáčeny působením třecích sil při pohybu osnovních nití. V nejobecnějším měřítku je možné tyto síly vyjádřit pomocí rovnice smykového tření:

$$F_T = f \cdot F_N \quad (5.2)$$

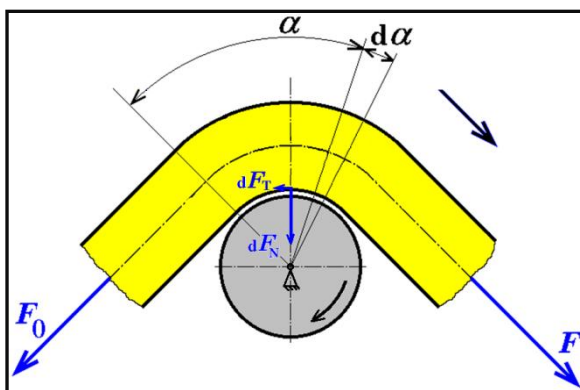
F_T - Třecí síla

F_N - Normálová síla

f - Součinitel smykového tření

V tomto případě je normálová síla F_N funkcí úhlu α (obr. 35). Proto není možné uplatnit vztah smykového tření ve výše zmíněné podobě. Řešení vede na diferenciální rovnici prvního řádu:

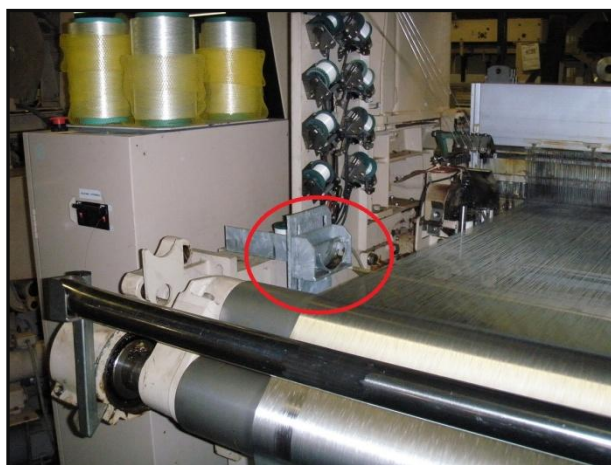
$$dF_T = dF_N \cdot f \quad (5.3)$$



Obr. 35 Silový rozbor opásání nitě [19]

Během pohybu nitě může být váleček osnovní svůrky roztáčen, zpomalován, nebo udržován v konstantních otáčkách. Může také dojít k situaci, kdy se osnovní nitě po povrchu válečku smýkají. Během okamžiku, kdy se prošlup začne otevírat, dochází k reverzaci otáček třetího válečku osnovní svůrky. Právě v tomto okamžiku může docházet ke zvýšenému namáhání osnovních nití třecími silami. Stejná situace nastává v okamžiku zavírání prošlupu. O jednotlivých stavech rozhoduje poměr třecích a odporových sil (setrvačnost a pasivní odpory). Autorce se nepodařilo zajistit dostatek informací, které by umožnily konkrétně vyčíslit danou situaci.

Odebráním třecího místa (tj. třetího válečku osnovní svůrky), ve kterém je osnovní nit v kontaktu s částí stroje představuje i "odebrání" příslušné třecí síly, která na nit působí. Odstranění třetího válečku osnovní svůrky bylo realizováno v období čtvrtletí 1. 10. – 20. 12. 2011 na jednom tkacím stroji. Obrázek 36 znázorňuje tkací stroj s demontovaným třetím válečkem osnovní svůrky.



Obr. 36 Tkací stroj po úpravě

Po odstranění třetího válečku osnovní svůrky probíhalo ve výše uvedeném období testování tkaniny na kratších metrážích (tj. 250 m). Na základě výsledků testů byla realizována změna v seřízení osnovního regulátoru a dle zkušeností technických pracovníků firmy TTCE byla provedena modifikace tahové síly osnovních nití ze 125 cN/nit na 135 cN/nit. Výsledky testování na kratších metrážích nejsou z důvodu dodržení rozsahu diplomové práce uvedeny. Autorka se zaměřila pouze na kontrolu v následně spuštěné sériové výrobě. Tyto testy byly realizovány v 1. čtvrtletí roku 2011.

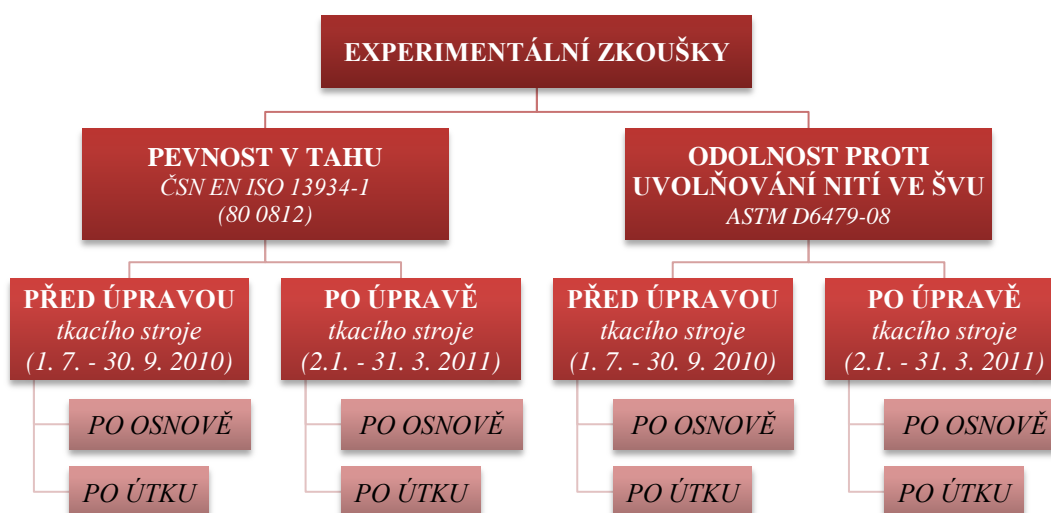
6. EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ NÁVRHU ŘEŠENÍ

První část této kapitoly popisuje způsob prováděných laboratorních zkoušek a měření sledovaných znaků jakosti technické airbagové tkaniny. Druhá část kapitoly je zaměřena na analýzu a vyhodnocení naměřených znaků jakosti. Pro statistickou analýzu a vyhodnocení experimentálních dat byl využit interaktivní systém QC. ExpertTM verze 2.7 a dále tabulkový procesor MS Excel. Vyhodnocení dat je provedeno pomocí základních nástrojů pro statistickou regulaci procesu, jmenovitě použitím *Klasických Shewhartových regulačních diagramů* a *zvoleného indexu výkonnosti*.

V první řadě byly pro testování vymezeny důležité jakostní znaky technické tkaniny *tzv. kritické parametry*, jedná se o mechanické vlastnosti technické tkaniny, které jsou z hlediska funkčnosti a účinnosti automobilových airbagů pokládány za *prvořadé*. Testovány byly vlastnosti **pevnost v tahu tkaniny** a **odolnost tkaniny proti uvolňování nití ve švu**. Na jejich základě byly dle požadavků na testování EASC 99040180 [A09] stanoveny konkrétní laboratorní zkoušky.

Úprava tkacího stroje (tj. odstranění třetího válečku osnovní svůrky) a následné upravení parametrů tahové síly osnovních nití znamená jistý zákrok, který může ovlivnit výše jmenované vlastnosti tkaniny. Bylo tedy nutné zjistit, zda úprava tkacího stroje negativně neovlivnila tyto specifické vlastnosti. Konkrétní vlastnosti určující kvalitu technické tkaniny znázorňuje tabulka 1, která je součástí přílohy B, č. 1.

Schéma na obrázku 37 znázorňuje rozdělení provedených laboratorních zkoušek.



Obr. 37 Experimentální zkoušky

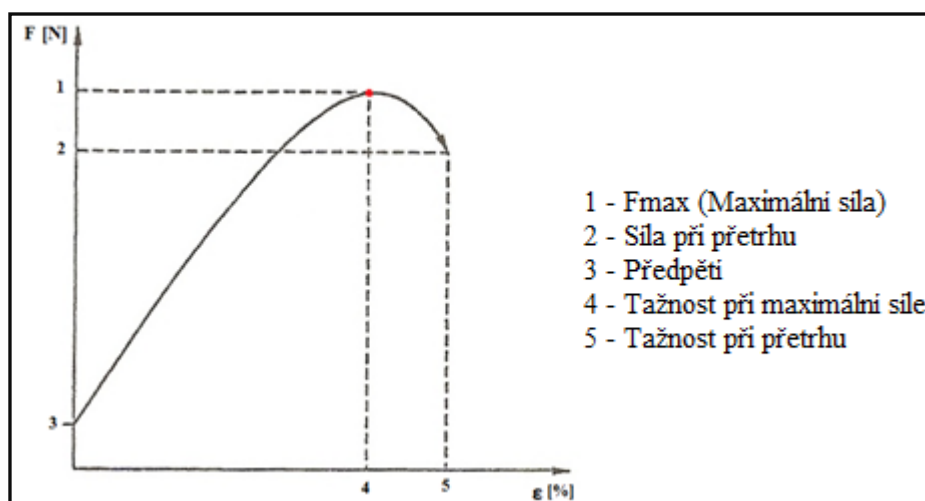
6.1. Popis laboratorních zkoušek technické tkaniny

Laboratorní testování mechanických odolností technické tkaniny bylo provedeno ve zkušební laboratoři podniku TTCE. Laboratorní zkoušky byly vykonány před úpravou (tj. v období 1. 7. – 30. 9. 2010) a po úpravě (tj. v období 2. 1. – 31. 3. 2011) tkacího stroje.

6.1.1. Pevnost v tahu

Jako první byla provedena laboratorní zkouška *pevnost v tahu tkaniny*. Pevnost představuje nejběžnější fyzikálně mechanickou veličinu, jejíž význam hraje z hlediska bezpečnostních charakteristik důležitou roli. Postup zkoušky se realizuje dle české technické normy **ČSN EN ISO 13934-1 (80 0812) Textilie – Tahové vlastnosti plošných textilií – Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip**.

Úkolem tahové zkoušky bylo zaznamenávat maximální sílu F_{max} [N], při napínání zkušební vzorku tkaniny (obr. 38). Napínání vždy probíhalo konstantní rychlostí do přetržení zkušební vzorku.



Obr. 38 Průběh pracovní tahové křivky [20]

Zkouška pevnosti v tahu proběhla na zkušebním trhacím přístroji *dynamometru Instron* v laboratoři podniku TTCE. Nejprve byly přichystány zkušební vzorky

technické airbagové tkaniny. Pro experimentální zkoušku bylo připraveno 25 laboratorních vzorků, které se odebraly z **25 utkaných rolí hotové upravené tkaniny**. Délka tkaniny jedné role je přibližně 1 km. Z konce každé role tkaniny byl vzat laboratorní vzorek o délce 1 m v plné šíři.

Dle doporučení normy *ČSN EN ISO 80 0812* byly z každého laboratorního vzorku vystřiženy **dvě sady zkušebních vzorků** (obr. 39). Jedna sada byla střižena po osnově a druhá po útku přesně po niti, ve vzdálenosti 200 mm od okraje. Z každé této sady se následně odebralo **pět zkušebních vzorků** umístěných v celé šíři tkaniny.



Obr. 39 Laboratorní vzorek s rozmístěním zkušebních vzorků [20]

Vzorky byly před zkouškou klimatizovány po dobu 24 hodin ve volném stavu. Ovzduší pro klimatizaci odpovídalo požadavkům normy *ČSN EN ISO 20139 (80 0056) Textilie – Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení*. Tato norma stanovuje charakteristické hodnoty pro klimatizování (tj. teplota vzduchu 20 °C, relativní vlhkost vzduchu 65 %).

Rozměry zkušebních vzorků byly definovány dle *ČSN EN ISO 80 0812*. Šíře každého zkušebního vzorku je 60 ± 1 mm. Délka 300 ± 5 mm byla stanovena dle upínací vzdálenosti 200 mm. Vzorek byl následně vypárán po niti na konečnou šíři 50 ± 1 mm (vznik trásní). Po přípravě zkušebních vzorků se provedlo nastavení parametrů zkušebního trhačního přístroje (viz tabulka 6).

Tabulka 6 Parametry zkušebního trhačního přístroje

ZKUŠEBNÍ PŘÍSTROJ S KONSTANTNÍM PŘÍRŮSTKEM (CRE)		
PARAMETR	HODNOTA	JEDNOTKY
UPÍNACÍ DÉLKA	200 ± 1	[mm]
RYCHLOST POSUVU	100	[mm/min]
UPNUTÍ ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ	bez předpětí	

Po upnutí každého vzorku do čelistí dynamometru bylo provedeno měření pevnosti (obr. 40). Postupně byly zaznamenávány maximální síly F [N] každého zkoušeného vzorku. Naměřené hodnoty znázorňují tabulky 2, 3, 4, 5. Tabulky jsou součástí přílohy B, č. 2. Grafická znázornění vývoje síly F [N] zkušebních vzorků (obr. 1, 2, 3, 4) jsou součástí přílohy B, č. 2. Graf vyobrazuje tahové křivky pěti zkušebních vzorků odebraných z jedné role tkaniny.

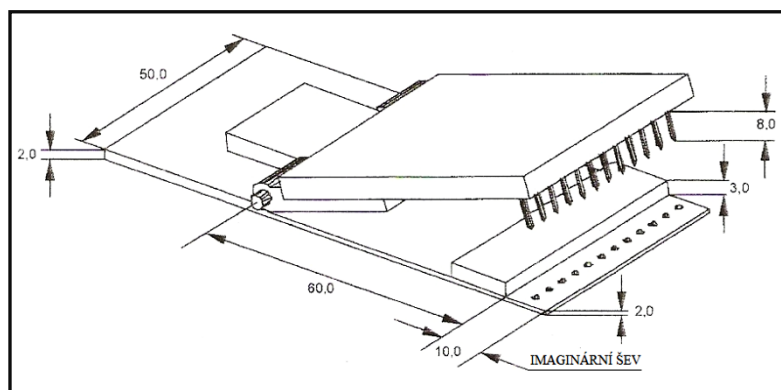


Obr. 40 Laboratorní zkouška pevnost v tahu tkaniny

6.1.2. Odolnost proti uvolňování nití ve švu

Další důležitou vlastnost technické airbagové tkaniny představuje *odolnost proti uvolňování (posuvu) nití ve švu*. Postup této laboratorní zkoušky se realizoval dle americké normy *ASTM D6479 - 08 Standard Test Method for Determining the Edgecomb Resistance of Woven Fabrics Used in Inflatable Restraints*. Metoda je vhodná především pro tkaniny určené k výrobě automobilových airbagů. Zkoušení odolnosti proti uvolňování (vyčesávání) nití, odráží případný sklon tkaniny k posuvu nití ve švu. Provedení posuvu nití ve švu je limitováno ušitými švy, zatímco měření odolnosti proti uvolňování nití ve švu je realizováno bez ušitého švu. [21]

Zkouška se uskutečnila na zkušebním přístroji *dynamometru Instron*. Pro tuto zkoušku byla použita ojhlená upínací svorka (obr. 41). Svorka je vybavená dvanácti jehličkami. Ojhlená svorka byla následně připevněna na pozici horní čelisti zkušebního přístroje. Úkolem této zkoušky bylo zaznamenávat sílu F [N], při které dochází k vysunutí zkušebního vzorku z jehliček svorky při konstantní rychlosti.



Obr. 41 Ojhlená svorka [21]

V první řadě byly přichystány zkušební vzorky ze vzorků laboratorních. Postup jejich přípravy tzn. počet, rozmístění a odebrání je totožný s přípravou vzorků pro pevnostní zkoušku (obr. 39). Stejným způsobem probíhá i klimatizování zkušebních vzorků před provedením zkoušky. Rozměry zkušebních vzorků jsou dodrženy dle normy *ASTM D6479 – 08*. Šíře každého zkušebního vzorku je 50 ± 1 mm. Délka byla opět stanovena 300 ± 5 mm. Vzorky již nejsou dále upravovány (tzn. nedochází k vytřepeání okrajů tkaniny).

Dále byly nastaveny parametry zkušebního přístroje (tabulka 6 - viz výše). Zkušební vzorek byl upnut do horní ojhlené svorky. To znamená, že konec testovaného vzorku je propíchnut dvanácti hroty upínací svorky. Přitom bylo nutné dodržet přesné zarovnání okraje vzorku s okrajem kvádrů, který představuje imaginární 1 cm široký šev (obr. 41). Po upnutí vzorku do horní ojhlené čelisti a spodní čelisti zkušebního přístroje se provedlo měření síly F [N] (obr. 42 následující strany).

Postupně byly zaznamenávány síly F [N] každého zkoušeného vzorku. Naměřené hodnoty znázorňují tabulky 6, 7, 8, 9. Tabulky jsou součástí přílohy B, č. 3. Grafická znázornění vývoje síly F [N] zkušebních vzorků (obr. 5, 6, 7, 8) jsou součástí přílohy B, č. 3. Graf vyobrazuje tahové křivky pěti zkušebních vzorků odebraných z jedné role tkaniny.



Obr. 42 Laboratorní zkouška odolnost tkaniny proti uvolňování nití ve švu

6.2. Analýza a vyhodnocení experimentálních dat

Pro analýzu a vyhodnocení experimentálních dat se použily naměřené hodnoty sledovaných znaků jakosti technické tkaniny (tj. pevnost v tahu, odolnost proti uvolňování nití ve švu). Rozčlenění provedených laboratorních zkoušek je znázorněno pomocí schématu na obrázku 37 (viz kapitola 6). Hodnoty jednotlivých měření tvoří celkem osm tabulek (viz tabulky 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9), které jsou součástí přílohy B, č. 2 a č. 3.

Naměřené hodnoty jsou v každé tabulce seřazeny chronologicky podle data výroby testovaných rolí tkaniny. Role byly odebírány pouze z jednoho tkacího stroje. Tkací stroj vyrobil v období před úpravou a po úpravě celkem 50 rolí technické tkaniny. Z každé vyrobené role se otestovaly dvě sady (osnova/útek) po pěti zkušebních vzorcích (viz kapitola 6.1.1.). Hodnoty z pěti měření tvoří vždy jednu podskupinu použitou v regulačních diagramech. Použilo se 25 takových podskupin (tzn. 25 rolí) pro každou sérii měření. Rozdělení sérií znázorňuje schéma na obr. 37 výše.

Z každé naměřené série hodnot, tzn. z jediného výběrového souboru N (tj. celá množina dat tvořena podskupinami k , stejného rozsahu n) byly stanoveny statistické výběrové charakteristiky polohy a variability:

– **Celkový výběrový aritmetický průměr:**

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{x}_j, \quad (6.1)$$

k - počet podskupin (tj. 25),

\bar{x}_j - aritmetický průměr hodnot v j -té podskupině:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}, \quad (6.2)$$

n - rozsah podskupiny,

x_{ij} - i -tá hodnota v j -té podskupině.

– **Celkový výběrový rozptyl:**

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{\bar{x}})^2, \quad (6.3)$$

N - počet všech hodnot:

$$N = \sum_{i=1}^k n_i. \quad (6.4)$$

– **Celková výběrová směrodatná odchylka:**

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{\bar{x}})^2}, \quad (6.5)$$

($N, k, n, x_{ij}, \bar{\bar{x}}$ - viz výše).

Před samotnou regulací procesu bylo nutné ověřit splnění předpokladů o normalitě a nezávislosti dat sledovaných znaků jakosti. Ověření bylo realizováno pomocí testů statistických hypotéz a exploratorních grafů s použitím programu QC. ExpertTM.

Předpoklad, že naměřené znaky jakosti pochází z normálního rozdělení $N(\mu, \sigma^2)$, resp. $N(\mu, \sigma_{TOT}^2)$ se střední hodnotou μ a rozptylem σ^2 , resp. σ_{TOT}^2 byl ověřen pomocí statistického Testu Kolmogorov - Smyrnov (dále jen K-S test) pro jeden výběr. K-S test normality je založen na rozdílu teoretické a výběrové distribuční funkce. Normalita dat byla také ověřena graficky pomocí *Histogramu četností* (tj. sloupcový diagram znázorňující rozdělení četnosti naměřených hodnot ve zvolených třídách).

Nezávislost dat byla ověřena také pomocí programu QC. Expert. Program k testování využívá *Znaménkový test₁*, který vyšetřuje náhodnost ve střídání hodnot vyšších a nižších než průměr. Je-li střídání příliš pravidelné, jsou data označena jako závislá. Dle literatury [7, str. 50] byl k ověření nezávislosti dat použit druhý *Znaménkový test₂*. Test je založen na rozdílech párových hodnot celého výběrového souboru, kde základem je počet kladných a záporných znamének. V případě prokázání závislosti dat analyzovaného výběru bylo následně ověřeno, zda závislost nebyla ovlivněna poruchou měřicího zařízení nebo nekvalitním odběrem dat.

Pro regulaci výrobního procesu byly zvoleny *Klasické Shewhartovy regulační diagramy typu (\bar{x}, R)* . Tento typ byl vybrán z důvodu toho, že sledované vlastnosti tkaniny jsou měřitelnými znaky jakosti a rozsah výběru v podskupinách n spadá do intervalu $\{2; 10\}$ (viz příloha A, č. 1).

Nejprve byly pro každý výběr ($k=25$) vypočteny hodnoty testových kritérií, tj. hodnoty výběrového průměru \bar{x}_j dle vztahu (6.2) a výběrového rozpětí R_j dle vztahu (6.10). K sestrojení regulačního diagramu pro výběrová rozpětí R byly stanoveny hodnoty CL , LCL a UCL následovně:

$$CL = \bar{R}, \quad (6.6)$$

$$LCL = D_3 \cdot \bar{R}, \quad (6.7)$$

$$UCL = D_4 \cdot \bar{R}, \quad (6.8)$$

D_3, D_4 - koeficienty závislé na rozsahu podskupiny n (viz příloha A, č. 4),

\bar{R} - průměrná hodnota variačního rozpětí v podskupinách:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^k R_j}{k}, \quad (6.9)$$

R_j - výběrové rozpětí v j -tém výběru:

$$R_j = x_{\max,j} - x_{\min,j}. \quad (6.10)$$

Následně byly vypočteny hodnoty CL , LCL a UCL k sestrojení regulačního diagramu pro průměr \bar{x} přes rozpětí:

$$CL = \bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{x}_j, \quad (6.11)$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R}, \quad (6.12)$$

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R}, \quad (6.13)$$

A_2 - koeficient závislý na rozsahu podskupiny (viz příloha A, č. 4),
 $(\bar{\bar{x}}, k, \bar{x}_j, \bar{R})$ - viz výše).

Společnost TTCE provádí hodnocení výrobního procesu pomocí *ukazatelů výkonnosti*. Prostřednictvím tohoto ukazatele nelze hodnotit způsobilost procesu, lze však hodnotit jeho skutečné chování. Výrobní proces byl hodnocen pomocí *ukazatele výkonnosti* P_{pk} . Ve všech případech má kritický znak jakosti předepsanou pouze dolní hranici tolerančního intervalu LSL , která nesmí být překročena (viz tabulka 1, příloha B, č. 1). Ukazatel P_{pk} resp. P_{pkL} byl vypočten dle vztahů (1.8) a (1.9) zahrnutých v kapitole 1.2.2. V případě, že je zákazníkem stanovena pouze dolní mezní hodnota, výpočet ukazatele P_{pkU} nelze počítat.

Charakteristiky sledovaných znaků jakosti μ a σ nejsou známy. Je tedy nutné parametr polohy μ odhadnout pomocí celkového aritmetického průměru $\bar{\bar{x}}$ dle vztahu (6.1). Parametr variability σ je odhadnut pomocí celkové výběrové směrodatné odchylky $\hat{\sigma}_{TOT}$ dle vztahu (1.9). Zákazníkem požadovaná minimální hodnota (P_I) ukazatele výkonnosti je ve všech případech stanovena 1,33.

Hodnota odhadu ukazatele výkonnosti P_{pk} představuje náhodné číslo a ve skutečnosti nic neříká. Bylo tedy nutné ověřit výkonnost výrobního procesu statistickým testem hypotézy o hodnotě ukazatele. Test je založen na konstrukci statistických pokryvných intervalů pro odhady ukazatelů výkonnosti. Je-li zadán požadavek P_I na minimální hodnotu ukazatele P_{pk} , pak hypotéza, že $P_{pk} \geq P_I$ se nezamítne, když odhad \hat{P}_{pk} bude splňovat nerovnost:

$$\hat{P}_{pk} \geq \frac{P_I}{1 + \frac{u_{1-\alpha}}{\sqrt{2k(n-1)}}}, \quad (6.14)$$

$u_{1-\alpha}$ - kvantil normovaného normálního rozdělení $N(0,1)$ - viz příloha A, č. 5,
 α - hladina významnosti (riziko I. druhu).

6.2.1. Před úpravou tkacího stroje

6.2.1.1. Znak jakosti *pevnost v tahu tkaniny po osnově*

Před aplikací regulačních diagramů byla provedena statistická analýza dat a testování předpokladů (tj. vlastností dat). Hodnoty pevnosti v tahu po osnově z 25 výběrů o rozsahu $n=5$ jsou uvedeny v tabulce 10 (příloha B, č. 4 a). Vypočtené výběrové charakteristiky jsou zahrnuty v tabulce 11 (příloha B, č. 4 a). Tabulka 7 znázorňuje ověřené vlastnosti experimentálních dat - *pevnost v tahu po osnově, před úpravou*.

Tabulka 7 Vlastnosti dat - pevnost v tahu po osnově, před úpravou

PŘEDPOKLADY O DATECH		
K-S test normality	✓	<i>Normalita přijata</i>
Histogram četností (obr. 9 příloha B, č. 4 a)	✓	<i>Normalita potvrzena</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₁	✗	<i>Data jsou závislá</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₂	✓	<i>Data jsou nezávislá</i>
Porucha měřicího zařízení, nekvalitní odběr dat	✓	<i>Vyloučeno kontrolou</i>


Pro každý výběr ($k=25$) byly následně vypočteny hodnoty výběrového průměru \bar{x}_j dle vztahu (6.2) a výběrového rozpětí R_j dle vztahu (6.10) - viz tabulka 10 (příloha B, č. 4 a).

Hodnoty CL, LCL, UCL pro regulační diagram R jsou vypočteny dle vztahů (6.6), (6.7), (6.8) – viz příloha B, č. 4 a. Střední přímk, regulační meze a jednotlivé hodnoty R_j byly následně zakresleny do diagramu na obrázku 10 (příloha B, č. 4 a). Před úpravou tkacího stroje nebyla podrobná interpretace RD potřebná. Podrobný popis RD se provedl až po úpravě tkacího stroje. Výrobní proces je hodnocen metodou pro nestabilní proces, která posuzuje aktuální stav bez možnosti prognózovat. Bylo tedy možné dále přistoupit k analýze a sestrojení regulačního diagramu \bar{x} .

Dle vztahů (6.11), (6.12), (6.13) se vypočítaly **hodnoty CL, LCL, UCL pro regulační diagram \bar{x}** - viz příloha B, č. 4 a. Střední přímk, regulační meze a jednotlivé hodnoty \bar{x}_j byly následně zakresleny do diagramu na obrázku 11 (příloha B, č. 4 a). Stejně jako v případě RD R nebyly z procesu odstraněny vymezitelné příčiny.

Index výkonnosti \hat{P}_{pk} byl vypočten dle vztahu (1.8) – viz příloha B, č. 4 a. Index výkonnosti \hat{P}_{pk} je roven hodnotě 1,62. Tato hodnota je větší než požadovaná hodnota P_L . Ověření tohoto tvrzení se provedlo statistickým testem hypotézy dle vztahu (6.14) – viz příloha B, č. 4 a. Hladina významnosti α byla zvolena 0,05. Kvantil ($u_{1-0,05}$) rozdělení N (0,1) je roven hodnotě 1,64. Tabulka 8 znázorňuje výsledky hodnocení výkonnosti procesu *pevnosti v tahu po osnově, před úpravou*.

Tabulka 8 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – pevnost v tahu po osnově, před úpravou






PEVNOST V TAHU PO OSNOVĚ	Požadovaná minimální hodnota (P_L) ukazatele výkonnosti	Ověření výkonnosti procesu statistickým testem hypotézy	Výkonnost výrobního procesu
	$\hat{P}_{pk} \geq P_L$	$\hat{P}_{pk} \geq \frac{P_L}{1 + \frac{u_{1-\alpha}}{\sqrt{2k(n-1)}}}$	
	1,62 ≥ 1,33	1,62 ≥ 1,19	

Nebyl důvod zamítnout výkonnost procesu vůči ukazateli P_{pk} na 5% hladině významnosti. ***Lze tedy předpokládat výkonnost výrobního procesu.*** Z grafu na obrázku 12 (příloha B, č. 4 a) je patrné, že tkanina byla před úpravou tkacího stroje vyráběna s velkou rezervou od dolní hranice LSL požadované zákazníkem.

6.2.1.2. Znak jakosti pevnost v tahu tkaniny po útku

Před aplikací regulačních diagramů byla provedena statistická analýza dat a testování předpokladů o datech. Hodnoty pevnosti v tahu po útku z 25 výběrů o rozsahu $n=5$ jsou uvedeny v tabulce 12 (příloha B, č. 4 b). Výběrové charakteristiky jsou zahrnuty v tabulce 13 (příloha B, č. 4 b). Tabulka 9 znázorňuje ověřené předpoklady o datech *pevnosti v tahu po útku, před úpravou*.

Tabulka 9 Vlastnosti dat - pevnost v tahu po útku, před úpravou

PŘEDPOKLADY O DATECH		
K-S test normality		<i>Normalita přijata</i>
Histogram četností (obr. 13 příloha B, č. 4 b)		<i>Normalita potvrzena</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₁		<i>Data jsou závislá</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₂		<i>Data jsou nezávislá</i>
Porucha měřicího zařízení, nekvalitní odběr dat		<i>Vyloučeno kontrolou</i>


Pro každý výběr k , se následně vypočítaly hodnoty výběrového průměru \bar{x}_j dle vztahu (6.2) a výběrového rozpětí R_j dle vztahu (6.10) - viz tabulka 12 (příloha B, č. 4 b).

Hodnoty CL, LCL, UCL pro regulační diagram R byly vypočteny dle vztahů (6.6), (6.7), (6.8) – viz příloha B, č. 4 b. Střední přímka, regulační meze a jednotlivé hodnoty R_j byly zakresleny do grafu na obrázku 14 (příloha B, č. 4 b). Výrobní proces je hodnocen metodou pro nestabilní proces. Bylo možné přistoupit k sestrojení regulačního diagramu \bar{x} .

Dle vztahů (6.11), (6.12), (6.13) se vypočítaly **hodnoty CL, LCL, UCL pro regulační diagram \bar{x}** - viz příloha B, č. 4 b. Střední přímka, regulační meze a jednotlivé hodnoty \bar{x}_j byly zakresleny do diagramu na obrázku 15 (příloha B, č. 4 b). Stejně jako v případě interpretace RD R nebyly z procesu odstraněny vymezitelné příčiny.

Odhad indexu výkonnosti \hat{P}_{pk} byl vypočten dle vztahu (1.8) – viz příloha B, č. 4 b. Ukazatel výkonnosti \hat{P}_{pk} je roven hodnotě 1,17. Tato hodnota je však menší než požadovaná hodnota 1,33. Ověření výkonnosti procesu bylo provedeno statistickým testem dle vztahu (6.14) – viz příloha B, č. 4 b. Hladina významnosti α byla zvolena 0,05. Kvantil ($u_{1-0,05}$) rozdělení N (0,1) je roven hodnotě 1,64. Tabulka 10 znázorňuje výsledky hodnocení výkonnosti procesu *pevnosti v tahu po útku, před úpravou*.

Tabulka 10 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – pevnost v tahu po útku, před úpravou

PEVNOST V TAHU PO ÚTKU	Požadovaná minimální hodnota (P_1) ukazatele výkonnosti	Ověření výkonnosti procesu statistickým testem hypotézy	Výkonnost výrobního procesu
	$\hat{P}_{pk} \geq P_1$	$\hat{P}_{pk} \geq \frac{P_1}{1 + \frac{u_{1-\alpha}}{\sqrt{2k(n-1)}}}$	
	1,17 < 1,33	1,17 < 1,19	

Hypotéza H_0 o výkonnosti procesu je zamítnuta na 5% hladině významnosti. **Nelze tedy předpokládat výkonnost výrobního procesu.** Ovšem graf na obrázku 16 (příloha B, č. 4 b) je důkazem, že tkanina byla před úpravou stroje vyráběna s velkou rezervou od dolní hranice LSL .

6.2.1.3. Znak jakosti odolnost tkaniny proti uvolňování nití ve švu po osnově

Před aplikací regulačních diagramů byla provedena statistická analýza a testování vlastností dat. Hodnoty odolnosti proti uvolňování nití ve švu po osnově z 25 výběrů o rozsahu $n=5$ jsou uvedeny v tabulce 14 (příloha B, č. 4 c). Vypočtené výběrové charakteristiky uvádí tabulka 15 (příloha B, č. 4 c). Tabulka 11 znázorňuje ověřené vlastnosti experimentálních dat - *odolnost proti uvolňování nití ve švu po osnově, před úpravou*.

Tabulka 11 Vlastnosti dat - odolnost proti uvolňování nití ve švu po osnově, před úpravou

PŘEDPOKLADY O DATECH		
K-S test normality	✓	<i>Normalita přijata</i>
Histogram četností (obr. 17 příloha B, č. 4 c)	✓	<i>Normalita potvrzena</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₁	✗	<i>Data jsou závislá</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₂	✓	<i>Data jsou nezávislá</i>
Porucha měřicího zařízení, nekvalitní odběr dat	✓	<i>Vyloučeno kontrolou</i>

Pro každý výběr k byly následně vypočteny hodnoty výběrového průměru \bar{x}_j dle vztahu (6.2) a výběrového rozpětí R_j dle vztahu (6.10) - viz tabulka 14 (příloha B, č. 4 c).


Hodnoty CL , LCL , UCL pro regulační diagram R byly vypočteny dle vztahů (6.6), (6.7), (6.8) – viz příloha B, č. 4 c. Střední přímka, regulační meze a jednotlivé hodnoty R_j byly následně zakresleny do diagramu na obrázku 18 (příloha B, č. 4 c).

Dle vztahů (6.11), (6.12), (6.13) byly vypočteny **hodnoty CL , LCL , UCL pro regulační diagram \bar{x}** - viz příloha B, č. 4 c. Po té byly střední přímka, regulační meze a jednotlivé hodnoty \bar{x}_j zakresleny do diagramu na obrázku 19 (příloha B, č. 4 c). Výrobní proces je hodnocen metodou pro nestabilní proces bez možnosti prognózovat. Bylo tedy možné přistoupit k sestrojení indexu výkonnosti.

Odhad indexu výkonnosti \hat{P}_{pk} byl vypočten dle vztahu (1.8) – viz příloha B, č. 4 c. Ukazatel výkonnosti \hat{P}_{pk} je roven hodnotě 1,65. Tato hodnota je větší než zákazníkem požadovaná hodnota P_T . Ověření výkonnosti procesu bylo provedeno testem hypotézy dle vztahu (6.14) - viz příloha B, č. 4 c. Hladina významnosti α je stanovena 0,05. Kvantil ($u_{1-0,05}$) rozdělení $N(0,1)$ je roven hodnotě 1,64. Tabulka 12 znázorňuje

výsledky hodnocení výkonnosti procesu *odolnosti proti uvolňování nití ve švu po osnově, před úpravou*.

Tabulka 12 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – odolnost proti uvolňování nití ve švu po osnově, před úpravou





ODOLNOST PROTI UVOLŇOVÁNÍ NITÍ VE ŠVU PO OSNOVĚ	Požadovaná minimální hodnota (P_1) ukazatele výkonnosti	Ověření výkonnosti procesu statistickým testem hypotézy	Výkonnost výrobního procesu
	$\hat{P}_{pk} \geq P_1$	$\hat{P}_{pk} \geq \frac{P_1}{1 + \frac{u_{1-\alpha}}{\sqrt{2k(n-1)}}}$	
	1,65 ≥ 1,33	1,65 ≥ 1,19	

Nebyl tedy důvod zamítnout výkonnost výrobního procesu vůči ukazateli P_{pk} na 5 % hladině významnosti. Na základě tohoto tvrzení *lze předpokládat výkonnost výrobního procesu*. Z grafu na obrázku 20 (příloha B, č. 4 c) lze vidět, že tkanina byla před úpravou stroje vyráběna s velkou rezervou od dolní hranice LSL požadované zákazníkem.

6.2.1.4. Znak jakosti *odolnost tkaniny proti uvolňování nití ve švu po útku*

Před aplikací regulačních diagramů byla provedena statistická analýza dat a testování vlastností dat. Hodnoty odolnosti proti uvolňování nití ve švu po útku z 25 výběrů o rozsahu $n=5$ jsou uvedeny v tabulce 16 (příloha B, č. 4 d). Výběrové charakteristiky uvádí tabulka 17 (příloha B, č. 4 d). Tabulka 13 znázorňuje ověřené vlastnosti experimentálních dat *odolnosti proti uvolňování nití ve švu po útku, před úpravou*.

Tabulka 13 Vlastnosti dat - odolnost proti uvolňování nití ve švu po útku, před úpravou

PŘEDPOKLADY O DATECH		
K-S test normality		<i>Normalita přijata</i>
Histogram četností (obr. 21 příloha B, č. 4 d)		<i>Normalita potvrzena</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₁		<i>Data jsou závislá</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₂		<i>Data jsou nezávislá</i>


Pro každou podskupinu k byly následně vypočteny hodnoty výběrového průměru \bar{x}_j dle vztahu (6.2) a výběrového rozpětí R_j dle vztahu (6.10) - viz tabulka 16 (příloha B, č. 4 d).

Hodnoty CL , LCL , UCL pro regulační diagram R se vypočítaly dle vztahů (6.6), (6.7), (6.8) – viz příloha B, č. 4 d. Střední přímka, regulační meze a jednotlivé hodnoty R_j byly následně zakresleny do grafu na obrázku 22 (příloha B, č. 4 d). Následně se mohlo přistoupit k analýze a sestrojení regulačního diagramu \bar{x} .

Dle vztahů (6.11), (6.12), (6.13) se vypočítaly **hodnoty CL , LCL , UCL pro regulační diagram \bar{x}** - viz příloha B, č. 4 d. Střední přímka, regulační meze a jednotlivé hodnoty \bar{x}_j byly zakresleny do diagramu na obrázku 23 (příloha B, č. 4 d). Bylo možné přistoupit k sestrojení indexu výkonnosti.

Odhad indexu výkonnosti \hat{P}_{pk} byl vypočten dle vztahu (1.8) – viz příloha B, č. 4 d. Ukazatel výkonnosti \hat{P}_{pk} je roven hodnotě 1,97. Tato hodnota je větší než zákazníkem požadovaná minimální hodnota 1,33. Výkonnost výrobního procesu byla následně ověřena pomocí testu hypotézy dle vztahu (6.14) – viz příloha B, č. 4 d. Hladina významnosti $\alpha = 0,05$. Kvantil normovaného normálního rozdělení ($u_{1-0,05}$) je roven hodnotě 1,64. Tabulka 14 znázorňuje výsledky hodnocení výkonnosti procesu *odolnosti proti uvolňování nití ve švu po útku, před úpravou*.

Tabulka 14 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – odolnost proti uvolňování nití ve švu po útku, před úpravou

ODOLNOST PROTI UVOLŇOVÁNÍ NITÍ VE ŠVU PO ÚTKU	Požadovaná minimální hodnota (P_1) ukazatele výkonnosti	Ověření výkonnosti procesu statistickým testem hypotézy	Výkonnost výrobního procesu
	$\hat{P}_{pk} \geq P_1$	$\hat{P}_{pk} \geq \frac{P_1}{1 + \frac{u_{1-\alpha}}{\sqrt{2k(n-1)}}}$	
	1,97 \geq 1,33	1,97 \geq 1,19	

Nebyl tedy důvod zamítnout výkonnost procesu vůči ukazateli \hat{P}_{pk} na hladině významnosti 0,05. **Lze tedy předpokládat výkonnost výrobního procesu.** Z diagramu na obrázku 24 (příloha B, č. 4 d) je zřejmé, že tkanina byla před úpravou stroje vyráběna s velkou rezervou od dolní hranice LSL požadované zákazníkem.

6.2.2. Po úpravě tkacího stroje

6.2.2.1. Znak jakosti *pevnost v tahu tkaniny po osnově*

Před aplikací regulačních diagramů byla provedena statistická analýza a testování vlastností dat. Hodnoty pevnosti v tahu po osnově z 25 výběrů o rozsahu $n=5$ jsou uvedeny v tabulce 18 (příloha B, č. 5 a). Vypočtené výběrové charakteristiky jsou zahrnuty v tabulce 19 (příloha B, č. 5 a). Tabulka 15 znázorňuje ověřené předpoklady o datech *pevnosti v tahu po osnově, po úpravě*.

Tabulka 15 Vlastnosti dat - pevnost v tahu po osnově, po úpravě

PŘEDPOKLADY O DATECH		
K-S test normality	✓	<i>Normalita přijata</i>
Histogram četností (obr. 25 příloha B, č. 5 a)	✓	<i>Normalita potvrzena</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₁	✗	<i>Data jsou závislá</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₂	✓	<i>Data jsou nezávislá</i>
Porucha měřicího zařízení, nekvalitní odběr dat	✓	<i>Vyloučeno kontrolou</i>

Asymetrický tvar histogramu pravděpodobně signalizuje působení vymezených příčin. Pro každý výběr k byly následně vypočteny hodnoty výběrového průměru \bar{x}_j (6.2) a výběrového rozpětí R_j (6.10) - viz tabulka 18 (příloha B, č. 5 a).


Hodnoty CL, LCL, UCL pro regulační diagram R byly vypočteny dle vztahů (6.6), (6.7), (6.8) – viz příloha B, č. 5 a. Střední přímka, regulační meze a jednotlivé hodnoty R_j byly následně zakresleny do grafu na obrázku 26 (příloha B, č. 5 a). Hodnoty výběrového rozpětí kolísají okolo střední přímky. Žádná z hodnot nepřesahuje regulační meze, což je zcela v pořádku. Výběrová rozpětí v jednotlivých podskupinách jsou na stabilní úrovni. Bylo tedy možné dále přistoupit k sestrojení regulačního diagramu \bar{x} .

Dle vztahů (6.11), (6.12), (6.13) byly vypočteny **hodnoty CL, LCL, UCL pro regulační diagram \bar{x}** - viz příloha B, č. 5 a. Střední přímka, regulační meze a jednotlivé hodnoty \bar{x}_j byly následně zakresleny do diagramu na obrázku 27 (příloha B, č. 5 a). Z diagramu je patrné, že hodnoty výběrových průměrů z počátku značně kolísaly okolo střední přímky. Navíc dvě hodnoty v tomto úseku překračují regulační meze. Horní regulační mez není zákazníkem požadována. Překročení této meze by tedy tolik

nevadilo. Z grafu je dále patrný postupný pokles hodnot, až pod dolní regulační mez. To znamená, že pravděpodobně na proces z hlediska polohy působila nějaká vymezitelná příčina. Za nejpravděpodobnější příčinu lze považovat nízkou jakost multifilu PA 6.6, nebo porušení struktury nití při samotném tkaní. Výrobní proces je hodnocen metodou pro nestabilní proces bez možnosti prognózovat. Bylo tedy možné dále přistoupit k sestrojení indexu výkonnosti.

Odhad indexu výkonnosti \hat{P}_{pk} byl vypočten dle vztahu (1.8) – viz příloha B, č. 5 a. Ukazatel výkonnosti \hat{P}_{pk} je roven hodnotě 1,74. Tato hodnota je větší než požadovaná hodnota P_l . Následovalo ověření tohoto tvrzení statistickým testem dle vztahu (6.14) – viz příloha B, č. 5 a. Hladina významnosti $\alpha = 0,05$. Kvantil ($u_{1-0,05}$) rozdělení N (0,1) je roven hodnotě 1,64. Tabulka 16 znázorňuje výsledky hodnocení výkonnosti procesu *pevnosti v tahu po osnově, po úpravě*.

Tabulka 16 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – pevnost v tahu po osnově, po úpravě

PEVNOST V TAHU PO OSNOVĚ	Požadovaná minimální hodnota (P_l) ukazatele výkonnosti	Ověření výkonnosti procesu statistickým testem hypotézy	Výkonnost výrobního procesu
	$\hat{P}_{pk} \geq P_l$	$\hat{P}_{pk} \geq \frac{P_l}{1 + \frac{u_{1-\alpha}}{\sqrt{2k(n-1)}}}$	
	1,74 ≥ 1,33	1,74 ≥ 1,19	

Nebyl důvod zamítnout výkonnost procesu vůči ukazateli P_{pk} na hladině významnosti 0,05. Na základě tohoto tvrzení ***lze předpokládat výkonnost výrobního procesu.*** Z diagramu na obrázku 28 (příloha B, č. 5 a) je patrné, že tkanina je po úpravě tkacího stroje stále vyráběna s velkou rezervou od dolní hranice *LSL*.

6.2.2.2. Znak jakosti *pevnost v tahu tkaniny po útku*

Před aplikací regulačních diagramů byla provedena statistická analýza dat a testování vlastností dat. Hodnoty pevnosti v tahu po útku z 25 výběrů o rozsahu $n=5$ jsou uvedeny v tabulce 20 (příloha B, č. 5 b). Výběrové charakteristiky znázorňuje tabulka 21 (příloha B, č. 5 b). Tabulka 17 shrnuje ověřené předpoklady o datech *pevnosti v tahu po útku, po úpravě*.

Tabulka 17 Vlastnosti dat - pevnost v tahu po útku, po úpravě

PŘEDPOKLADY O DATECH		
K-S test normality	✓	<i>Normalita přijata</i>
Histogram četností (obr. 29 příloha B, č. 5 b)	✓	<i>Normalita potvrzena</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₁	✗	<i>Data jsou závislá</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₂	✓	<i>Data jsou nezávislá</i>
Porucha měřicího zařízení, nekvalitní odběr dat	✓	<i>Vyloučeno kontrolou</i>


Pro každý výběr ($k=25$) byly následně vypočteny hodnoty výběrového průměru \bar{x}_j (6.2) a výběrového rozpětí R_j (6.10) - viz tabulka 20 (příloha B, č. 5 b).

Hodnoty CL, LCL, UCL pro regulační diagram R se vypočítaly dle vztahů (6.6), (6.7), (6.8) – viz příloha B, č. 5 b. Střední přímka, regulační meze a jednotlivé hodnoty R_j byly následně zakresleny do grafu na obrázku 30 (příloha B, č. 5 b). Hodnoty z počátku kolísají velmi blízko okolo střední přímky. To vykazuje nízkou variabilitu hodnot. Žádná z hodnot však nepřesahuje regulační meze. Výběrová rozpětí v jednotlivých podskupinách jsou na stabilní úrovni. Bylo tedy možné přistoupit k analýze a sestrojení regulačního diagramu \bar{x} .

Dle vztahů (6.11), (6.12), (6.13) byly vypočteny **hodnoty CL, LCL, UCL pro regulační diagram \bar{x}** - viz příloha B, č. 5 b. Střední přímka, regulační meze a jednotlivé hodnoty \bar{x}_j byly zakresleny do diagramu na obrázku 31 (příloha B, č. 5 b). Z diagramu je zřejmý stupňovitý nárůst hodnot směrem k UCL. Od hodnoty R_{17} naopak dochází k postupnému poklesu hodnot směrem k LCL. Tři hodnoty překračují UCL, ovšem žádná z hodnot nepřekračuje LCL. Překročení horní regulační meze by tolik nevadilo. Výrobní proces je hodnocen metodou pro nestabilní proces. Bylo tedy možné přistoupit k sestrojení indexu výkonnosti.

Odhad indexu výkonnosti \hat{P}_{pk} byl vypočten dle vztahu (1.8) – viz příloha B, č. 5 b. Index výkonnosti \hat{P}_{pk} je roven hodnotě 1,32. Tato hodnota je menší než požadovaná hodnota 1,33. Ověření výkonnosti procesu se provedlo statistickým testem dle (6.14) – viz příloha B, č. 5 b. Hladina významnosti α byla zvolena 0,05. Kvantil normovaného normálního rozdělení ($u_{1-0,05}$) je roven hodnotě 1,64. Tabulka 18 následující strany znázorňuje výsledky hodnocení výkonnosti procesu *pevnosti v tahu po útku, po úpravě*.

Tabulka 18 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – pevnost v tahu po útku, po úpravě





PEVNOST V TAHU PO ÚTKU	Požadovaná minimální hodnota (P_1) ukazatele výkonnosti	Ověření výkonnosti procesu statistickým testem hypotézy	Výkonnost výrobního procesu
	$\hat{P}_{pk} \geq P_1$	$\hat{P}_{pk} \geq \frac{P_1}{1 + \frac{u_{1-\alpha}}{\sqrt{2k(n-1)}}}$	
	1,32 < 1,33	1,32 ≥ 1,19	

Nebyl důvod zamítnout výkonnost procesu vůči ukazateli P_{pk} na 5 % hladině významnosti. Na základě tohoto tvrzení *lze předpokládat výkonnost výrobního procesu*. Z grafu na obrázku 32 (příloha B, č. 5 b) je navíc patrné, že tkanina je po úpravě tkacího stroje vyráběna s velkou rezervou od dolní hranice LSL .

6.2.2.3. Znak jakosti odolnost tkaniny proti uvolňování nití ve švu po osnově

Před aplikací regulačních diagramů byla provedena statistická analýza a testování vlastností dat. Hodnoty odolnosti proti uvolňování nití ve švu po osnově z 25 výběrů o rozsahu $n=5$ jsou uvedeny v tabulce 22 (příloha B, č. 5 c). Vypočtené výběrové charakteristiky uvádí tabulka 23 (příloha B, č. 5 c). Tabulka 19 znázorňuje ověřené vlastnosti experimentálních dat *odolnosti proti uvolňování nití ve švu po osnově, po úpravě*.

Tabulka 19 Vlastnosti dat - odolnost proti uvolňování nití ve švu po osnově, po úpravě

PŘEDPOKLADY O DATECH		
K-S test normality		<i>Normalita přijata</i>
Histogram četností (obr. 33 příloha B, č. 5 c)		<i>Normalita potvrzena</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₁		<i>Data jsou závislá</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₂		<i>Data jsou nezávislá</i>

Pro každý výběr k byly následně vypočteny hodnoty výběrového průměru \bar{x}_j (6.2) a výběrového rozpětí R_j (6.10) - viz tabulka 22 (příloha B, č. 5 c).


Hodnoty CL, LCL, UCL pro regulační diagram R se vypočítaly dle vztahů (6.6), (6.7), (6.8) – viz příloha B, č. 5 c. Střední přímka, regulační meze a jednotlivé hodnoty R_j byly následně zakresleny do grafu na obrázku 34 (příloha B, č. 5 c).

Výběrová rozpětí v jednotlivých podskupinách se drží v regulačních mezích a jsou na stabilní úrovni, což je zcela v pořádku. Bylo tedy možné dále přistoupit k analýze a sestrojení regulačního diagramu \bar{x} .

Dle vztahů (6.11), (6.12), (6.13) byly vypočteny **hodnoty CL , LCL , UCL pro regulační diagram \bar{x}** - viz příloha B, č. 5 c. Po té byly střední přímka, regulační meze a jednotlivé hodnoty \bar{x}_j zakresleny do diagramu na obrázku 35 (příloha B, č. 5 c). Z diagramu je patrné, že devět hodnot leží za sebou nad střední přímkou CL a hodnota \bar{x}_{13} je v bezprostřední blízkosti dolní regulační meze. To znamená, že pravděpodobně na proces z hlediska polohy působila nějaká vymezitelná příčina (tj. nízká kvalita multifílu, porušení nití při tkání).

Odhad indexu výkonnosti \hat{P}_{pk} byl stanoven dle vztahu (1.8) – viz příloha B, č. 5 c. Ukazatel výkonnosti \hat{P}_{pk} je roven hodnotě 2,31. Tato hodnota je větší než požadovaná hodnota 1,33. Ověření výkonnosti procesu se provedlo statistickým testem dle vztahu (6.14) – viz příloha B, č. 5 c. Hladina významnosti α byla zvolena 0,05. Kvantil ($u_{1-0,05}$) rozdělení $N(0,1)$ je roven hodnotě 1,64. Tabulka 20 znázorňuje výsledky hodnocení výkonnosti procesu *odolnosti proti uvolňování nití ve švu po osnově, po úpravě*.

Tabulka 20 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – odolnost proti uvolňování nití ve švu po osnově, po úpravě

ODOLNOST PROTI UVOLŇOVÁNÍ NITÍ VE ŠVU PO OSNOVĚ	Požadovaná minimální hodnota (P_1) ukazatele výkonnosti	Ověření výkonnosti procesu statistickým testem hypotézy	Výkonnost výrobního procesu
	$\hat{P}_{pk} \geq P_1$	$\hat{P}_{pk} \geq \frac{P_1}{1 + \frac{u_{1-\alpha}}{\sqrt{2k(n-1)}}}$	
	2,31 \geq 1,33	2,31 \geq 1,19	

Nebyl důvod zamítnout výkonnost procesu vůči ukazateli P_{pk} na 5 % hladině významnosti. **Lze tedy předpokládat výkonnost výrobního procesu.** Z grafu na obrázku 36 (příloha B, č. 5 c) je vidět, že tkanina je vyráběna s velkou rezervou od dolní hranice LSL požadované zákazníkem.

6.2.2.4. Znak jakosti odolnost tkaniny proti uvolňování nití ve švu po útku

Před aplikací regulačních diagramů byla provedena statistická analýza dat a testování vlastností dat. Hodnoty odolnosti proti uvolňování nití ve švu po útku z 25 výběrů o rozsahu $n=5$ jsou uvedeny v tabulce 24 (příloha B, č. 5 d). Výběrové charakteristiky jsou zahrnuty v tabulce 25 (příloha B, č. 5 d). Tabulka 21 znázorňuje ověřené vlastnosti dat *odolnosti proti uvolňování nití ve švu po útku, po úpravě*.

Tabulka 21 Vlastnosti dat - odolnost proti uvolňování nití ve švu po útku, po úpravě

PŘEDPOKLADY O DATECH		
K-S test normality	✓	<i>Normalita přijata</i>
Histogram četností (obr. 37 příloha B, č. 5 c)	✓	<i>Normalita potvrzena</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₁	✓	<i>Data jsou závislá</i>
Znaménkový test nezávislosti dat ₂	✓	<i>Data jsou nezávislá</i>

Pro každou podskupinu k byly následně vypočteny hodnoty výběrového průměru \bar{x}_j dle vztahu (6.2) a výběrového rozpětí R_j dle vztahu (6.10) - viz tabulka 24 (příloha B, č. 5 d).


Hodnoty CL , LCL , UCL pro regulační diagram R se vypočítaly dle vztahů (6.6), (6.7), (6.8) – viz příloha B, č. 5 d. Střední přímka, regulační meze a jednotlivé hodnoty R_j byly následně zakresleny do grafu na obrázku 38 (příloha B, č. 5 d). Z diagramu je patrné, že na proces s velkou pravděpodobností působila nějaká vymezitelná příčina (R_{23} je mimo UCL). Horní regulační mez není zákazníkem požadována. Překročení této meze by tedy tolik nevadilo. Dále je možné si povšimnout, že v úseku R_1 až R_{12} se hodnoty výběrových rozpětí pohybují spíše pod střední přímkou. Naopak v úseku R_{13} až R_{25} se hodnoty pohybují nad střední přímkou CL . Výrobní proces je hodnocen metodou pro nestabilní proces. Bylo tedy možné přistoupit k sestrojení regulačního diagramu \bar{x} .

Dle vztahů (6.11), (6.12), (6.13) byly vypočteny **hodnoty CL , LCL , UCL pro regulační diagram \bar{x}** - viz příloha B, č. 5 d. Střední přímka, regulační meze a jednotlivé hodnoty \bar{x}_j byly následně zakresleny do diagramu na obrázku 39 (příloha B, č. 5 d). Hodnoty výběrových průměrů kolísají okolo střední přímky a jen jedna hodnota \bar{x}_{11} přesahuje UCL . Hodnota \bar{x}_{13} se nachází velmi blízko dolní regulační meze. V tomto

případě by bylo na místě identifikovat příčinu, která na proces působí. Stejně jako v případě interpretace RD R nebyly z procesu odstraněny vymezitelné příčiny.

Následně byl vypočten odhad indexu výkonnosti \hat{P}_{pk} dle vztahu (1.8) – viz příloha B, č. 5 d. Odhad ukazatele výkonnosti \hat{P}_{pk} je roven hodnotě 2,30. Tato hodnota je větší než požadovaná hodnota 1,33. Výkonnost výrobního procesu byla následně ověřena pomocí statistického testu dle vztahu (6.14) – viz příloha B, č. 5 d. Hladina významnosti α byla zvolena 0,05. Kvantil ($u_{1-0,05}$) rozdělení $N(0,1)$ je roven hodnotě 1,64. Tabulka 22 znázorňuje výsledky hodnocení výkonnosti procesu *odolnosti proti uvolňování nití ve švu po útku, po úpravě*.

Tabulka 22 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – odolnost proti uvolňování nití ve švu po útku, po úpravě

ODOLNOST PROTI UVOLŇOVÁNÍ NITÍ VE ŠVU PO ÚTKU	Požadovaná minimální hodnota (P_1) ukazatele výkonnosti	Ověření výkonnosti procesu statistickým testem hypotézy	Výkonnost výrobního procesu
	$\hat{P}_{pk} \geq P_1$	$\hat{P}_{pk} \geq \frac{P_1}{1 + \frac{u_{1-\alpha}}{\sqrt{2k(n-1)}}}$	
	2,30 ≥ 1,33	2,30 ≥ 1,19	

Nebyl tedy důvod zamítnout výkonnost procesu vůči ukazateli \hat{P}_{pk} na 5 % hladině významnosti. ***Lze předpokládat výkonnost výrobního procesu.*** Z grafu na obrázku 40 (příloha B, č. 5 d) je zřejmé, že tkanina je vyráběna s velkou rezervou od dolní hranice LSL .

6.3. Ověření výsledků sledovaných znaků jakosti pomocí testů statistických hypotéz

Prostřednictvím testů statistických hypotéz bylo nutné ověřit, zdali úprava tkacího stroje měla vliv na specifické vlastnosti technické tkaniny. Ověření tohoto předpokladu se provedlo pomocí *dvouvýběrového t-testu*, který vyšetřuje *rozdíl mezi dvěma výběrovými průměry \bar{x}_1 a \bar{x}_2* . Porovnání dvou výběrů o rozsahu n_1 a n_2 z normálního rozdělení $N(\mu_1, \sigma_1^2)$ a $N(\mu_2, \sigma_2^2)$ se realizovalo pomocí softwaru

QC. Expert. Testovány byly znaky jakosti pevnost v tahu a odolnost proti uvolňování nití ve švu, vždy ve směru osnovy a útku.

V první řadě byl sestrojen **F-test**, který vyšetřuje **rozdíl mezi dvěma výběrovými rozptyly s_1^2 a s_2^2** z normálního rozdělení $N(\mu_1, \sigma_1^2)$ a $N(\mu_2, \sigma_2^2)$ o rozsahu n_1 a n_2 . Formulována byla nulová hypotéza H_0 ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$). Hypotéza H_0 byla testována proti alternativní hypotéze H_1 ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$). Dle vztahů uvedených v příloze B, č. 6 byl proveden výpočet *testovacího kritéria T* a nalezení *kritické hodnoty F*. Kritická hodnota byla získána z tabulky kritických hodnot Fischerova rozdělení (viz příloha A, č. 6). Porovnávány byly hodnoty *T* a *F*. V případě, že $T > F$, zamítáme H_0 a přijímáme H_1 .

Na základě F-testu byl následně sestrojen **dvouvýběrový t-test**. Ověřovala se nulová hypotéza H_0 ($\bar{x}_1 = \bar{x}_2$). Proti nulové hypotéze H_0 byla položena alternativní hypotéza H_1 ($\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$). Dle vztahů uvedených v příloze B, č. 6 byl proveden výpočet *testovacího kritéria T* a nalezení *kritické hodnoty t*. Kritická hodnota byla získána z tabulek kritických hodnot Studentova rozdělení (viz příloha A, č. 7). V případě, že $|T| > t$, zamítáme H_0 a přijímáme H_1 .

Dle uvedeného postupu bylo na 5 % hladině významnosti zjišťováno, zda úprava tkacího stroje měla vliv na vlastnosti tkaniny. Hodnoty vypočtených testovacích kritérií a nalezených kritických hodnot sledovaných znaků jakosti jsou uvedeny v tabulce 23.

Tabulka 23 Výsledky hodnot testovacích kritérií a kritických hodnot sledovaných znaků jakosti

SLEDOVANÉ ZNAKY JAKOSTI	F-TEST		T-TEST		ODKAZ
	<i>T</i>	$F_{124, 124}$ (0,05)	$ T $	$t_{248}(0,05)$	
PEVNOST V TAHU PO OSNOVĚ	1,127	1,336	5,375	1,969	viz příloha B, č. 6 a
PEVNOST V TAHU PO ÚTKU	1,106	1,336	1,976	1,969	viz příloha B, č. 6 b
ODOLNOST PROTI UVOLŇOVÁNÍ NITÍ VE ŠVU PO OSNOVĚ	1,308	1,336	9,314	1,969	viz příloha B, č. 6 c
ODOLNOST PROTI UVOLŇOVÁNÍ NITÍ VE ŠVU PO ÚTKU	1,035	1,336	7,022	1,969	viz příloha B, č. 6 d

7. SHRnutí DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

Cílem kapitoly je podat přehled dosažených výsledků a jejich zhodnocení. Kapitola nejprve prezentuje vyhodnocení četnosti výskytu vad technické tkaniny po úpravě tryskového hydraulického tkacího stroje. V další části je provedeno zhodnocení a porovnání ukazatelů výkonnosti P_{pk} výrobního procesu. Závěr této kapitoly uvádí přehled dosažených výsledků porovnání dvou výběrů s použitím testů statistických hypotéz. Testovány byly průměrné hodnoty sledovaných znaků jakosti (tj. pevnost v tahu, odolnost proti uvolňování nití ve švu) před úpravou a po úpravě stroje.

Po úpravě tkacího stroje bylo nutné provést výstupní kontrolu kvality nově vyrobené technické tkaniny. Celkový počet vad tkaniny byl po úpravě stroje stanoven za období 2. 1. – 31. 3. 2011. Podklady pro vyhodnocení tvořily inspekční karty podniku TTCE. K vyhodnocení četnosti výskytu vad tkaniny se opět využil princip Paretova diagramu.

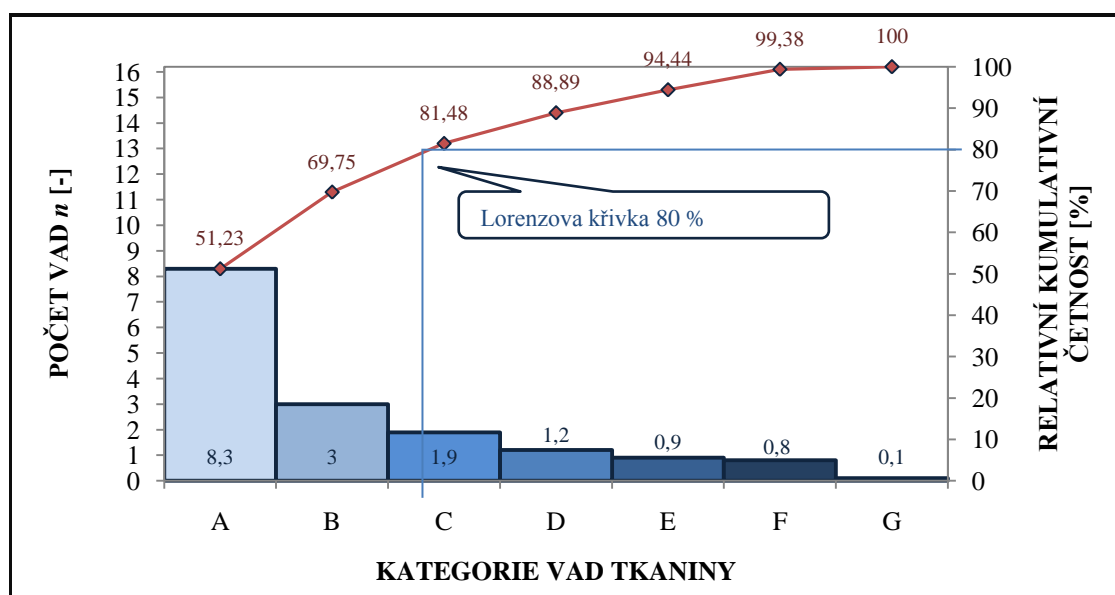
Tabulka 24 znázorňuje počet zaznamenaných vad tkaniny po úpravě tkacího stroje. Ve třetím sloupci tabulky je uveden celkový počet vad vyskytujících se na kontrolované délce tkaniny tj. 22 434,4 m. Ve čtvrtém sloupci je pomocí pravidla přímé úměrnosti stanoven počet vad na 1 000 m tkaniny. To odpovídá požadované délce hotové tkaniny stanovené zákazníkem. Kumulativní a relativní kumulativní četnost byly vypočteny způsobem popsáním v kapitole 4.2.1. Na základě těchto údajů byl sestrojen Paretův diagram znázorněný na obrázku 43 následující strany.

Tabulka 24 Tabulka hodnot pro sestrojení Paretova diagramu - po úpravě stroje

SKUPINA	DRUH NESHODY (VADA TKANINY)	POČET VAD/22 434,4 m	POČET VAD/ 1000 m	KUMULATIVNÍ ČETNOST	RELATIVNÍ KUMULATIVNÍ ČETNOST [%]
A	Nopek	186	8,3	8,3	51,23
B	Dvojitý útek (dvoják)	67	3,0	11,3	69,75
C	Skvrna	43	1,9	13,2	81,48
D	Přetržená osnovní nit	27	1,2	14,4	88,89
E	Lom	20	0,9	15,3	94,44
F	Ušpiněné vlákno	18	0,8	16,1	99,38
G	Stopa po zastavení stroje	2	0,1	16,2	100,0

Z Paretova diagramu je zřejmé, že *vada nopkovitost (A)* tvoří stále nejvyšší podíl (tj. *cca 51 %*) z počtu všech zaznamenaných vad na kontrolovaném úseku tkaniny.

Naopak *vada přetržená osnovní nit (D)* již netvoří tzv. životně důležitou menšinu Paretova diagramu.



Obr. 43 Paretův diagram – celkový počet vad tkaniny po úpravě tkacího stroje

Z diagramu je patrné, že *vada přetržená osnovní nit (D)* nyní tvoří jen *cca 7 %* z počtu všech zaznamenaných vad. Při použití kritéria 80 % relativní kumulativní četnosti tvoří životně důležitou menšinu vada dvojitý útek (B) a částečně i vada skvrna (C). Tabulka 25 znázorňuje přímé porovnání četnosti vady nopkovitost a četnosti vady přetržená osnovní nit, zaznamenaných před úpravou a po úpravě tkacího stroje.

Tabulka 25 Porovnání počtu vad technické tkaniny před úpravou a po úpravě tkacího stroje

VADY TKANINY	PŘED ÚPRAVOU STROJE	PO ÚPRAVĚ STROJE
NOPKOVITOST počet/1000 m	37,2	8,3
PŘETRŽENÁ OSNOVNÍ NIT počet/1000 m	6,4	1,2

Po úpravě stroje bylo dosaženo snížení počtu vad technické tkaniny. Četnost vady *nopkovitost* byla snížena z **37,2 na 8,3 počtu vad** stanovených na jeden kilometr tkaniny. V případě vady *přetržená osnovní nit* byl počet snížen z **6,4 na 1,2 počtu vad**.

Hodnoty indexů výkonnosti P_{pk} sledovaných znaků jakosti prokázaly po úpravě stroje **výkonnost výrobního procesu**. Tabulka 26 následující strany znázorňuje výsledky vypočtených hodnot ukazatelů výkonnosti P_{pk} před úpravou a po úpravě stroje.

Tabulka 26 Shrnutí dosažených výsledků indexů výkonnosti P_{pk}

SLEDOVANÉ ZNAKY JAKOSTI	PŘED ÚPRAVOU TKACÍHO STROJE	PO ÚPRAVĚ TKACÍHO STROJE
<i>Pevnost v tahu</i>	<i>Index výkonnosti P_{pk}</i>	
Po osnově	1,62	1,74
Po útku	1,17	1,32
<i>Odolnost proti uvolňování nití ve švu</i>	<i>Index výkonnosti P_{pk}</i>	
Po osnově	1,65	2,31
Po útku	1,97	2,30

V případě znaku jakosti *pevnost v tahu po útku* nebyla po úpravě stroje prokázána výkonnost výrobního procesu. Ověřením výkonnosti procesu testem hypotézy o hodnotě ukazatele bylo zjištěno, že není důvod výkonnost procesu na 5 % hladině významnosti zamítnout.

S použitím testů statistických hypotéz (tj. F-test, t-test) bylo vyšetřeno, že úprava tkacího stroje měla vliv na sledované znaky jakosti. Ve všech případech bylo prokázáno, že mezi výběrovými průměry je významný rozdíl (viz tabulka 27).

Tabulka 27 Shrnutí dosažených výsledků porovnání dvou výběrů

SLEDOVANÉ ZNAKY JAKOSTI	F-TEST		DVOUVÝBĚROVÝ T-TEST	
	H_0	H_1	H_0	H_1
	$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	$\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 \neq \mu_2$
<i>Pevnost v tahu po osnově</i>	T = 1,127	F = 1,336	T = 5,375	t = 1,969
	Protože $T < F$, přijímáme H_0 .		Protože $ T > t$, přijímáme H_1 .	
	Mezi výběrovými rozptyly není rozdíl.		Mezi výběrovými průměry je rozdíl.	
<i>Pevnost v tahu po útku</i>	T = 1,106	F = 1,336	T = 1,976	t = 1,969
	Protože $T < F$, přijímáme H_0 .		Protože $ T > t$, přijímáme H_1 .	
	Mezi výběrovými rozptyly není rozdíl.		Mezi výběrovými průměry je rozdíl.	
<i>Odolnost proti uvolňování nití ve švu po osnově</i>	T = 1,308	F = 1,336	T = 9,314	t = 1,969
	Protože $T < F$, přijímáme H_0 .		Protože $ T > t$, přijímáme H_1 .	
	Mezi výběrovými rozptyly není rozdíl.		Mezi výběrovými průměry je rozdíl.	
<i>Odolnost proti uvolňování nití ve švu po útku</i>	T = 1,035	F = 1,336	T = 7,022	t = 1,969
	Protože $T < F$, přijímáme H_0 .		Protože $ T > t$, přijímáme H_1 .	
	Mezi výběrovými rozptyly není rozdíl.		Mezi výběrovými průměry je rozdíl.	

8. ZÁVĚR

Hlavním cílem diplomové práce bylo navrhnout vhodné řešení, které by vedlo ke snížení počtu vad technické tkaniny určené pro kolenní airbasy. Současně bylo úkolem zachovat její specifické vlastnosti stanovené zákazníkem. Výskyt vad pro firmu TTCE znamená vysoké náklady na špatnou jakost a menší spokojenost zákazníka. Současně, z hlediska automobilového průmyslu, jsou na kvalitu airbagové tkaniny kladeny vysoké požadavky.

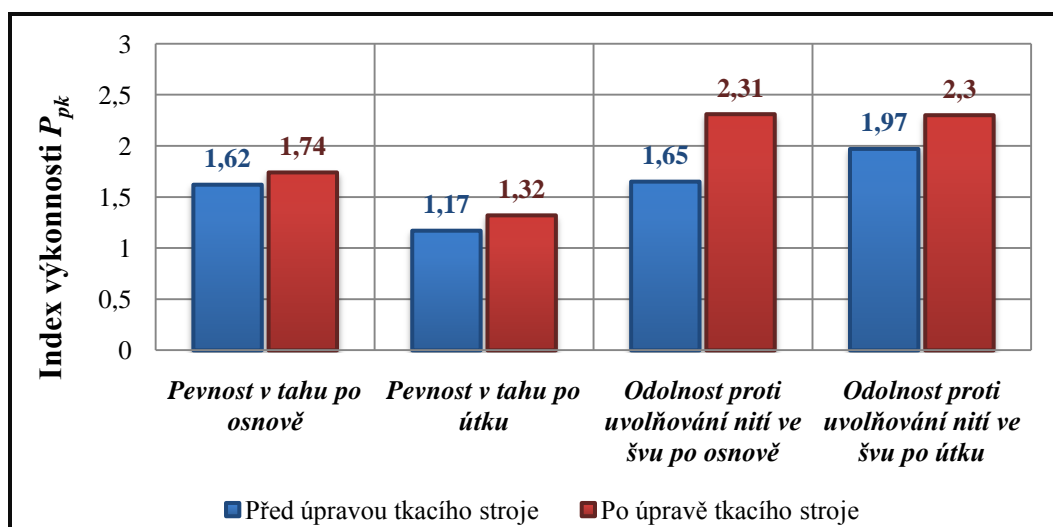
Nejdříve byly identifikovány závažné vady tkaniny, jejichž počet bylo potřeba snížit. Jedná se o vadu *rozvláknění osnovních nití*, které je příčinou vzniku vady *nopkovitosti* a vady *přetržené osnovní nitě*. Dále byly vymezeny specifické vlastnosti tkaniny stanovené zákazníkem (tj. *pevnost v tahu, odolnost proti uvolňování nití ve švu*), které bylo nutné dodržet.

V první řadě byla provedena analýza kompletního výrobního procesu technické tkaniny. Identifikována byla příčina vzniku tkalcovské vady rozvláknění osnovních nití. Uvolnění elementárních vláken ze svazku multifilu PA 6.6 je pravděpodobně zapříčiněno *namáháním osnovních nití vlivem tření* a jejich dodatečným *namáháním v tahu* během procesu tkaní. Celkový počet vad tkaniny byl stanoven za období 1. 7. - 30. 9. 2010 na utkaném úseku 18 595,8 m. Pomocí Paretova diagramu bylo prokázáno, že vady nopkovitost a přetržená osnovní nit se nejvíce podílejí na problému zhoršené kvality tkaniny (viz kapitola 4.2.1). *Vada nopkovitost tvořila 37,2 počtu vad na 1000 m tkaniny. Četnost vady přetržená osnovní nit byla rovna 6,4 počtu vad na 1000 m tkaniny.*

Jako koncept případného snížení počtu vad tkaniny vzniklo několik variant nového řešení. Tyto návrhy jsou směřovány do oblasti *snížení či odstranění povrchových třecích sil*, vznikajících při kontaktu osnovní nitě s částí stroje. Za nejefektivnější způsob řešení byl zvolen návrh *odstranění třetího válečku osnovní svírky* hydraulického tkacího stroje. Úprava tkacího stroje byla provedena technickými pracovníky firmy TTCE v období 1. 10. – 20. 12. 2010. Ve stejném období probíhalo testování vlastností tkaniny na kratších metrážích (tj. 250 m) za účelem seřízení tahové síly osnovních nití. Na základě tohoto testování byla *tahová síla osnovních nití zvýšena*. Z hlediska rozsahu práce se autorka zaměřila pouze na vyhodnocení znaků jakosti v následně spuštěné sériové výrobě.

Po úpravě tkacího stroje byly provedeny laboratorní zkoušky mechanických vlastností tkaniny (tj. *pevnost v tahu, odolnost proti uvolňování nití ve švu*). Úkolem bylo ověřit, jak velký vliv měla úprava stroje na tyto vlastnosti. Laboratorní zkoušky mechanických vlastností byly realizovány před úpravou stroje v období 1. 7. – 30. 9. 2010 a po úpravě stroje v období 2. 1. – 31. 3. 2011. Testování probíhalo na 25 kilometrech hotové tkaniny, vždy ve směru osnovy a útku (viz kapitola 6.1.1.).

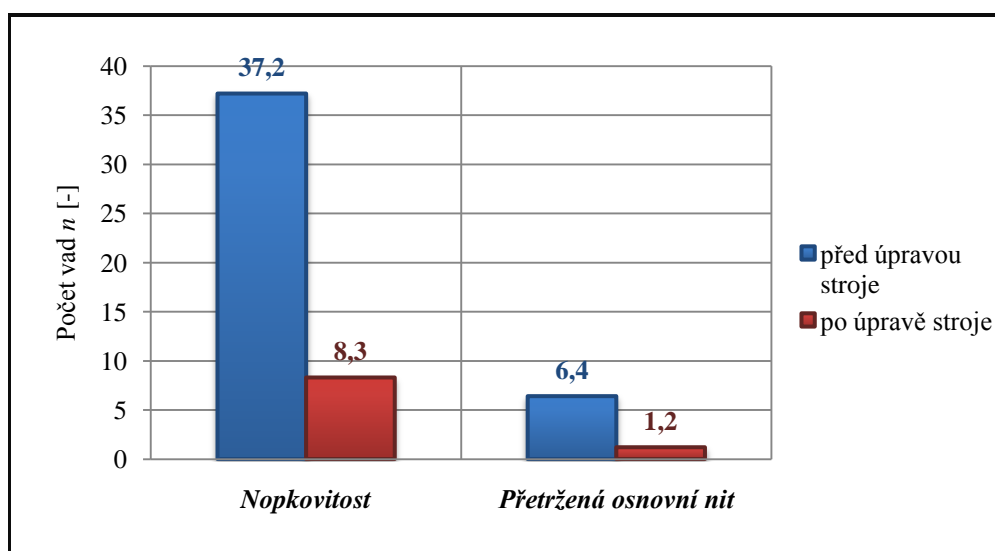
Naměřené hodnoty sledovaných znaků jakosti jsou vyhodnoceny pomocí *Shewhartových regulačních diagramů typu \bar{x} , R* a dále pomocí metody *hodnocení výkonnosti výrobního procesu*. Vypočtené hodnoty indexů výkonnosti P_{pk} po úpravě tkacího stroje *prokázaly ve všech případech výkonnost výrobního procesu*. Navíc, po úpravě stroje došlo ve všech případech k nárůstu ukazatelů výkonnosti P_{pk} . Autorka by dále doporučila provést podrobnou analýzu procesu znaku jakosti *pevnost v tahu po útku*. Na základě stanovení příčiny odchylky učinit nápravná opatření. Graf na obrázku 44 znázorňuje porovnání ukazatelů výkonnosti P_{pk} před úpravou a po úpravě tkacího stroje.



Obr. 44 Shrnutí dosažených výsledků indexů výkonnosti výrobního procesu

Je důležité zdůraznit, že naměřené hodnoty znaků jakosti ve všech případech *neklesly pod stanovené limity* (tj. pod spodní toleranční mez LSL) určené zákazníkem. Je tedy možné konstatovat, že *vlastnosti technické tkaniny jsou po úpravě tkacího stroje v souladu s požadavky zákazníka*.

Hlavním cílem diplomové práce bylo snížit počet vad technické tkaniny. Z tohoto důvodu byla po úpravě tkacího stroje opět provedena výstupní kontrola kvality technické tkaniny. Kontrola počtu vad byla uskutečněna na utkané délce 22 434,4 m nově vyrobené tkaniny v období 2. 1 - 31. 3. 2011. Paretův diagram prokázal, že vada přetržená osnovní nit již netvoří životně důležitou menšinu podílející se na problému kvality tkaniny. Naopak vada nopkovitost stále tvoří nejvyšší podíl počtu vad tkaniny (viz kapitola 7). Ovšem její četnost byla výrazně snížena. Porovnání počtu vad je znázorněno prostřednictvím sloupcového grafu na obrázku 45.



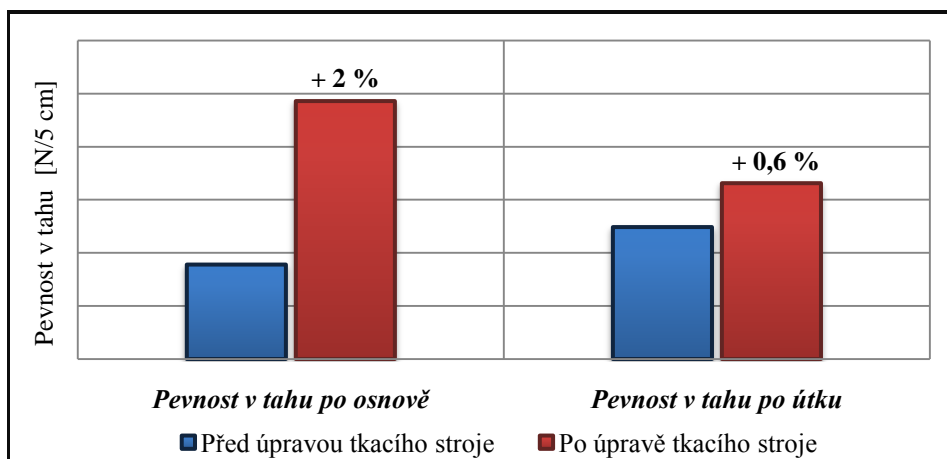
Obr. 45 Shrnutí dosažených výsledků počtu vad technické tkaniny

Z diagramu je patrné, že po úpravě tkacího stroje došlo ke snížení počtu vad technické tkaniny a současně byly zachovány její specifické vlastnosti. Četnost vady *nopkovitost* byla **snížena o 78 %** a četnost vady *přetržená osnovní nit* byla **snížena o 81 %**. Dle získaných informací z podniku, firma TTCE na základě snížení počtu vad ušetřila za období 3 měsíců až několik set tisíc korun.

S použitím testů statistických hypotéz bylo ověřeno, zda úprava tkacího stroje měla vliv na vlastnosti technické tkaniny (tj. *pevnost v tahu, odolnost proti uvolňování nití ve švu*). V případě znaku jakosti *pevnost v tahu tkaniny po osnově a po útku* bylo prokázáno, že mezi výběrovými průměry je rozdíl. Lze tedy konstatovat, že úprava tkacího stroje měla na 5 % hladině významnosti vliv na pevnost v tahu tkaniny. Graf na obrázku 46 následující strany znázorňuje porovnání výběrových průměrů pevnosti v tahu osnovy a útku před úpravou a po úpravě stroje. Z grafu je zřejmé, že po úpravě

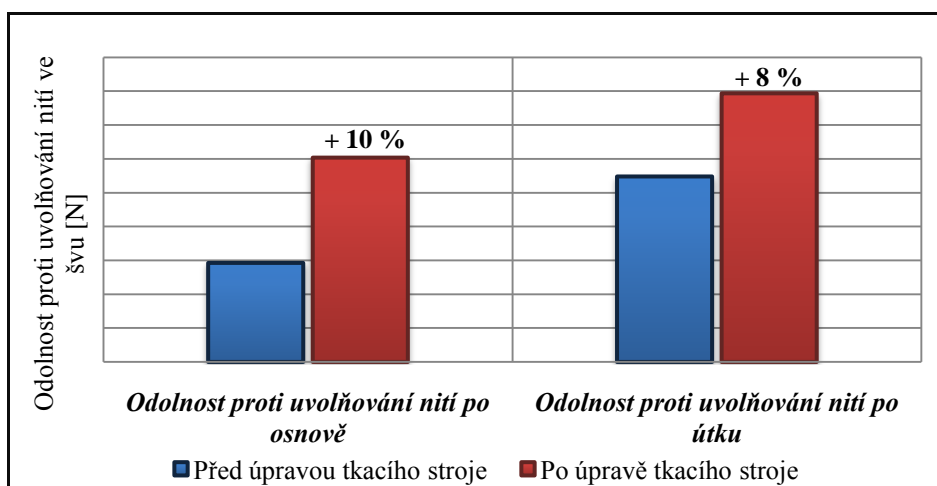
tkacího stroje došlo ke **zvýšení** průměrné hodnoty **pevnosti v tahu po osnově o 2%**.
V případě **pevnosti v tahu po útku** došlo také ke **zvýšení** průměrné hodnoty o **0,6 %**.

Z důvodu neveřejných dat nebyly v grafech na obrázcích 46 a 47 zobrazeny průměrné hodnoty na ose y.



Obr. 46 Shrnutí dosažených výsledků průměrných hodnot pevnosti v tahu tkaniny

V případě znaku jakosti **odolnost tkaniny proti uvolňování nití ve švu po osnově a po útku** byl prokázán rozdíl mezi hodnotami výběrových průměrů. Lze tedy usuzovat, že úprava tkacího stroje měla na 5 % hladině významnosti vliv na odolnost tkaniny proti uvolňování nití ve švu. Graf na obrázku 47 znázorňuje porovnání výběrových průměrů odolnosti tkaniny proti uvolňování nití ve švu osnovy a útku před úpravou a po úpravě stroje.



Obr. 47 Shrnutí výsledků průměrných hodnot odolnosti tkaniny proti uvolňování nití ve švu

Z grafu je patrné, že po úpravě tkacího stroje došlo ke **zvýšení** průměrné hodnoty ***odolnosti proti uvolňování nití ve švu po osnově o 10%***. V případě ***odolnosti proti uvolňování nití ve švu po útku*** došlo ke zvýšení průměrné hodnoty ***o 8 %***.

V budoucnu je eventuelně možné s použitím regulačních diagramů vysledovat a odstranit vymezitelné příčiny, které na výrobní proces působí. Autorka doporučuje se dále zaměřit na analýzu a sestrojení indexů způsobilosti C_{pk} . Takováto analýza by vedla ke snížení variability hodnot sledovaných znaků jakosti tkaniny a současně by bylo dosaženo její lepší kvality. Rovněž testování každé hotové role představuje vyšší finanční a časovou nákladnost. Pokud by bylo dosaženo trvalé způsobilosti výrobního procesu, není potom dále nutné provádět testování při každé ukončené produkci.

V diplomové práci se podařilo naplnit všechny vytyčené cíle. V neposlední řadě je možné na tuto práci navázat a dále zdokonalit kvalitu technické airbagové tkaniny snížením vad nopravitost, dvojitý útek a skvrna.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Toray Textiles Central Europe s.r.o.* [online]. 2000, 17. 3. 2010 [cit. 2010-10-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.toray.cz/>>.
- [2] ŠOTNAR, Petr. *Management jakosti*. Olomouc: Vydala a vytiskla Univerzita Palackého v Olomouci, 2006. 57 s. ISBN 80-244-1519-4.
- [3] BARTES, František. *Řízení jakosti*. Brno: Sting spol. s.r.o., 2007. 98 s. ISBN 978-80-86342-65-8.
- [4] PLURA, Jiří. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Praha: Computer Press, 2001. 244 s. ISBN 80-7226-543-1.
- [5] *Businessgyan* [online]. 2010, 13. 12. 2010 [cit. 2010-12-13]. The Juran Trilogy. Dostupné z WWW: <<http://www.businessgyan.com/node/5409>>.
- [6] ISO/TS 16949. *Česká technická norma: Systémy managementu jakosti - Zvláštní požadavky používání ISO 9001:2000 v organizacích zajišťujících sériovou výrobu a výrobu náhradních dílů v automobilovém průmyslu*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2002. 113 s. ISBN 80-02-01519-3.
- [7] TOŠENOVSKÝ, Josef; NOSKIEVIČOVÁ, Darja. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava: Montanex a.s., 2000. 362 s. ISBN 80-7225-040-X.
- [8] *Microwave Journal* [online]. 2010 [cit. 2011-03-20]. Dostupné z WWW: <http://www.mwjjournal.com/ExpertAdvice/Solving_RFIC_Design_Yield_Verification_Dilemma/RES_268/>.
- [9] MICHÁLEK, Jiří. *Vyhodnocení způsobilosti a výkonnosti výrobního procesu*. Praha: CQR, 2009. 100 s. ISBN 978-80-903834-2-5.
- [10] *Autolexicon.net* [online]. 2010, 26. 11. 2010 [cit. 2010-12-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/>>.

- [11] *Mitsubishi Motors [online]. 2008 [cit. 2010-11-24]. Mitsubishi Lancer Sportsedan – Technologie. Dostupné z WWW: <<http://mitsubishi-motors.cz/modely/lancer/technology/technology-lancer-05.jpg>>.*
- [12] *TRW: We Put the Thinking In Safety Systems Cognitive Safety Systems [online]. 2010, 3. 12. 2010 [cit. 2010-12-03]. Knee airbag. Dostupné z WWW: <<http://www.trw.com/>>.*
- [13] MILITKÝ, Jiří. *Textilní vlákna: Syntetická vlákna*. Liberec: TUL, 2005. 94 s.
- [14] TALAVÁŠEK, Oldřich; SVATÝ, Vladimír. *Bezčlunkové stavy*. Praha: SNTL-nakladatelství technické literatury, 1975. 558 s.
- [15] DOSTÁLOVÁ, Mirka; KŘIVÁNKOVÁ, Mária. *Základy textilní a oděvní výroby*. Liberec: Ediční středisko Vysokoškolského podniku s r.o. Liberec, 2001. 169 s.
- [16] *E-LTex: Škola textilu [online]. 2000, 23. 11. 2010 [cit. 2010-11-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.skolertextilu.cz/tkani2/index.php>>.*
- [17] *TSUDAKOMA Water Jet Loom: Operation Manual*. Japan, 1998. 200 s.
- [18] ČSN 80 0025. *Názvosloví vad tkanin*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1975. 8 s.
- [19] KOVÁŘ, Radko. *Struktura a vlastnosti textilií 2*. Liberec: Fakulta textilní, 101 s.
- [20] ČSN EN ISO 13934-1 (80 0812). *Textilie - Tahové vlastnosti plošných textilií - Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip*. Praha: Český normalizační institut, 1999. 15 s.
- [21] ASTM D 6479-08. *Standard Test Method for Determining the Edgecomb Resistance of Woven Fabrics Used in Inflatable Restraints*. United States: ASTM International, 2008. 4 s.

[22] *Dooffy.com* [online]. 2002 [cit. 2011-04-10]. Dostupné z WWW: <http://www.dooffy.com/cs/video-jak-dopadlo-auto-skoda-yeti-v-crash-testu-euro-ncap.html>

[23] CYHELSKÝ, Lubomír; SOUČEK, Eduard. *Základy statistiky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, o.p.s. v edici EUPRESS, 2010. 164 s. ISBN 978-80-7408-013-5.

SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A SCHÉMAT

Obr. 1 Crash test [22]	10
Obr. 2 Společnost Toray Textiles Central Europe, s.r.o. [1]	11
Obr. 3 Juranova trilogie [5].....	12
Obr. 4 Základní struktura (Shewhartových) regulačních diagramů.....	16
Obr. 5 Charakteristika indexů způsobilosti C_p , C_{pk} [8]	19
Obr. 6 Kolenní airbag [11].....	21
Obr. 7 Konstrukce kolenního airbagu [10]	22
Obr. 8 a) Kolenní airbag před nárazem [12] b) Kolenní airbag po aktivaci [10]	23
Obr. 9 Postup technologických operací	26
Obr. 10 Schéma přípravy materiálu ke tkaní	26
Obr. 11 Schéma proces přípravy osnovy	27
Obr. 12 a) Pásové snování, b) Válové snování [15]	27
Obr. 13 Princip výroby tkanin [16].....	29
Obr. 14 Pracovní cyklus tkaní.....	30
Obr. 15 Princip tryskového prohozu [14]	32
Obr. 16 Zanesení útku do prošlupu vodním paprskem	33
Obr. 17 Schéma kompletního procesu výroby technické tkaniny	36
Obr. 18 Multifil PA 6.6 [1]	37
Obr. 19 Příprava cívečnice, snování [1].....	38
Obr. 20 Proces snování [1].....	38
Obr. 21 Proces navádění [1].....	39
Obr. 22 Tkalcovna s tryskovými hydraulickými tkacími stroji [1]	39
Obr. 23 a) Catch Cord cívky, b) Leno cívky, c) Útkové cívky.....	40
Obr. 24 Úpravnická linka [1]	41
Obr. 25 Inspekční prohlížeč stroj [1]	42
Obr. 26 Vady tkalcovny.....	43
Obr. 27 Rozvláknění osnovní nitě při tkaní	44
Obr. 28 Namotání elementárního vlákna na vedlejší osnovní nit.....	44
Obr. 29 Přetržená osnovní nit	45
Obr. 30 Nopkovitost A) Mikroskopický pohled B) Makroskopický pohled	45
Obr. 31 Paretův diagram – celkový počet vad tkaniny před úpravou tkacího stroje	47

Obr. 32 Vady airbagové technické tkaniny.....	48
Obr. 33 Varianty návrhů nových řešení	48
Obr. 34 Smýkání lana po válcové ploše [19]	50
Obr. 35 Silový rozbor opásání nitě [19].....	50
Obr. 36 Tkací stroj po úpravě	51
Obr. 37 Experimentální zkoušky	52
Obr. 38 Průběh pracovní tahové křivky [20]	53
Obr. 39 Laboratorní vzorek s rozmístěním zkušebních vzorků [20]	54
Obr. 40 Laboratorní zkouška pevnost v tahu tkaniny	55
Obr. 41 Ojehlená svorka [21].....	56
Obr. 42 Laboratorní zkouška odolnost tkaniny proti uvolňování nití ve švu	57
Obr. 43 Paretův diagram – celkový počet vad tkaniny po úpravě tkacího stroje	76
Obr. 44 Shrnutí dosažených výsledků indexů výkonnosti výrobního procesu.....	79
Obr. 45 Shrnutí dosažených výsledků počtu vad technické tkaniny	80
Obr. 46 Shrnutí dosažených výsledků průměrných hodnot pevnosti v tahu tkaniny.....	81
Obr. 47 Shrnutí výsledků průměrných hodnot odolnosti tkaniny proti uvolňování nití ve švu.....	81

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Vlastnosti vlákna PA 6.6 [13]	22
Tabulka 2 Technické parametry koleních airbagů [10].....	23
Tabulka 3 Technické parametry tkacího stroje [17].....	33
Tabulka 4 Výrobní předpis	40
Tabulka 5 Tabulka hodnot pro sestrojení Paretova diagramu – před úpravou stroje	46
Tabulka 6 Parametry zkušebního trhacího přístroje	55
Tabulka 7 Vlastnosti dat - pevnost v tahu po osnově, před úpravou.....	61
Tabulka 8 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – pevnost v tahu po osnově, před úpravou	62
Tabulka 9 Vlastnosti dat - pevnost v tahu po útku, před úpravou	62
Tabulka 10 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – pevnost v tahu po útku, před úpravou	63
Tabulka 11 Vlastnosti dat - odolnost proti uvolňování nití ve švu po osnově, před úpravou	64
Tabulka 12 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – odolnost proti uvolňování nití ve švu po osnově, před úpravou.....	65
Tabulka 13 Vlastnosti dat - odolnost proti uvolňování nití ve švu po útku, před úpravou	65
Tabulka 14 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – odolnost proti uvolňování nití ve švu po útku, před úpravou.....	66
Tabulka 15 Vlastnosti dat - pevnost v tahu po osnově, po úpravě	67
Tabulka 16 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – pevnost v tahu po osnově, po úpravě.....	68
Tabulka 17 Vlastnosti dat - pevnost v tahu po útku, po úpravě	69
Tabulka 18 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – pevnost v tahu po útku, po úpravě.....	70
Tabulka 19 Vlastnosti dat - odolnost proti uvolňování nití ve švu po osnově, po úpravě	70
Tabulka 20 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – odolnost proti uvolňování nití ve švu po osnově, po úpravě	71
Tabulka 21 Vlastnosti dat - odolnost proti uvolňování nití ve švu po útku, po úpravě.	72

Tabulka 22 Výsledky hodnocení výkonnosti procesu – odolnost proti uvolňování nití ve švu po útku, po úpravě	73
Tabulka 23 Výsledky hodnot testovacích kritérií a kritických hodnot sledovaných znaků jakosti	74
Tabulka 24 Tabulka hodnot pro sestrojení Paretova diagramu - po úpravě stroje.....	75
Tabulka 25 Porovnání počtu vad technické tkaniny před úpravou a po úpravě tkacího stroje.....	76
Tabulka 26 Shrnutí dosažených výsledků indexů výkonnosti P_{pk}	77
Tabulka 27 Shrnutí dosažených výsledků porovnání dvou výběrů.....	77

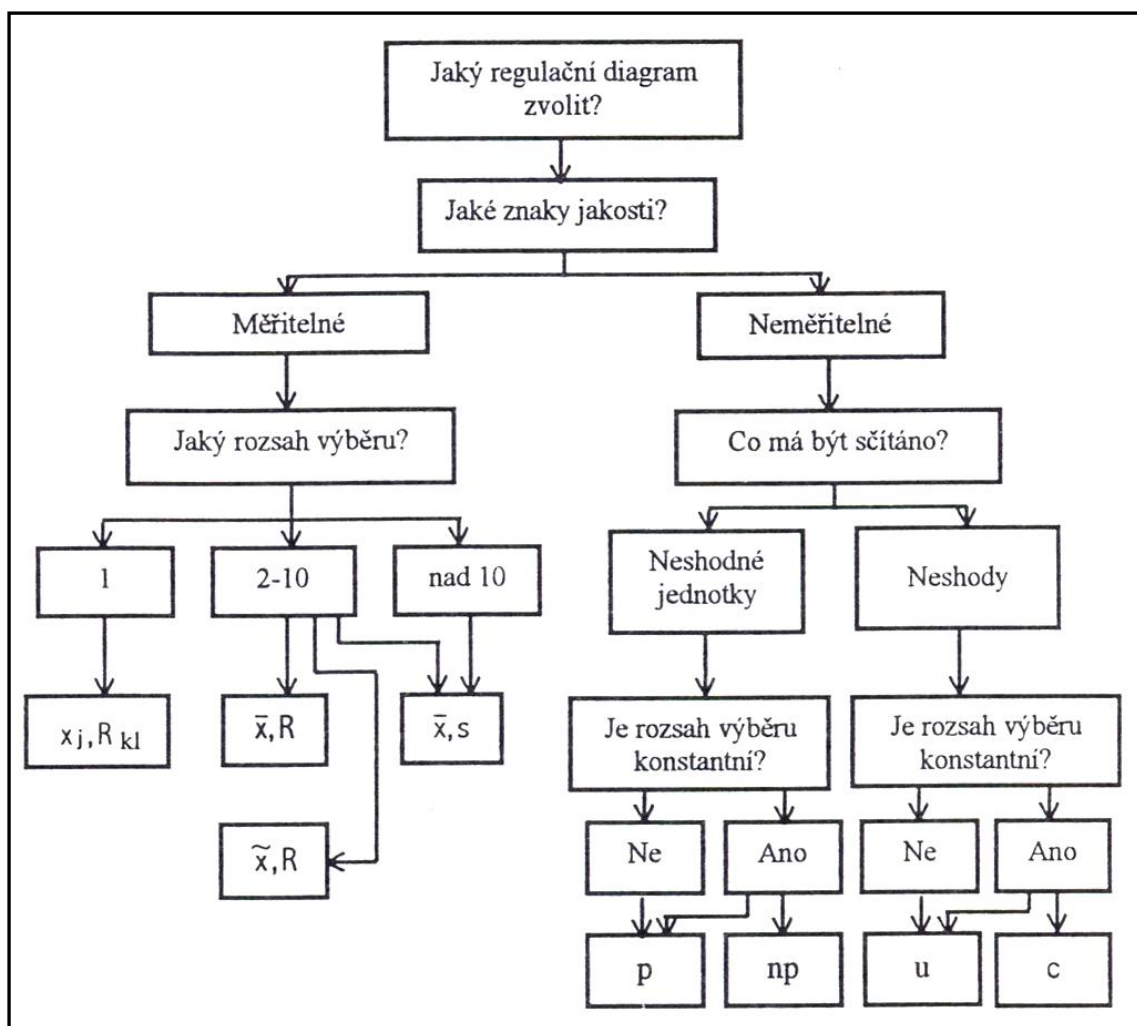
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1.:	Rozhodovací strom pro volbu klasického Shewhartova regulačního diagramu
Příloha č. 2.:	Nejčastěji používané testy nenáhodných seskupení
Příloha č. 3.:	Tři základní úrovně C_p
Příloha č. 4.:	Součinitelé pro výpočet CL, UCL, LCL v klasických Shewhartových diagramech a jejich modifikacích
Příloha č. 5.:	Kvantily normovaného normálního rozdělení $N(0,1)$
Příloha č. 6.:	Kritické hodnoty Fischerova F – rozdělení
Příloha č. 7.:	Kritické hodnoty Studentova t - rozdělení

PŘÍLOHA

ČÁST A


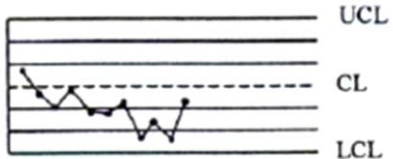
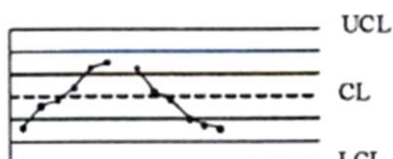
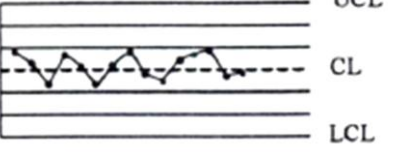

Příloha č. 1.: Rozhodovací strom pro volbu klasického Shewhartova regulačního diagramu



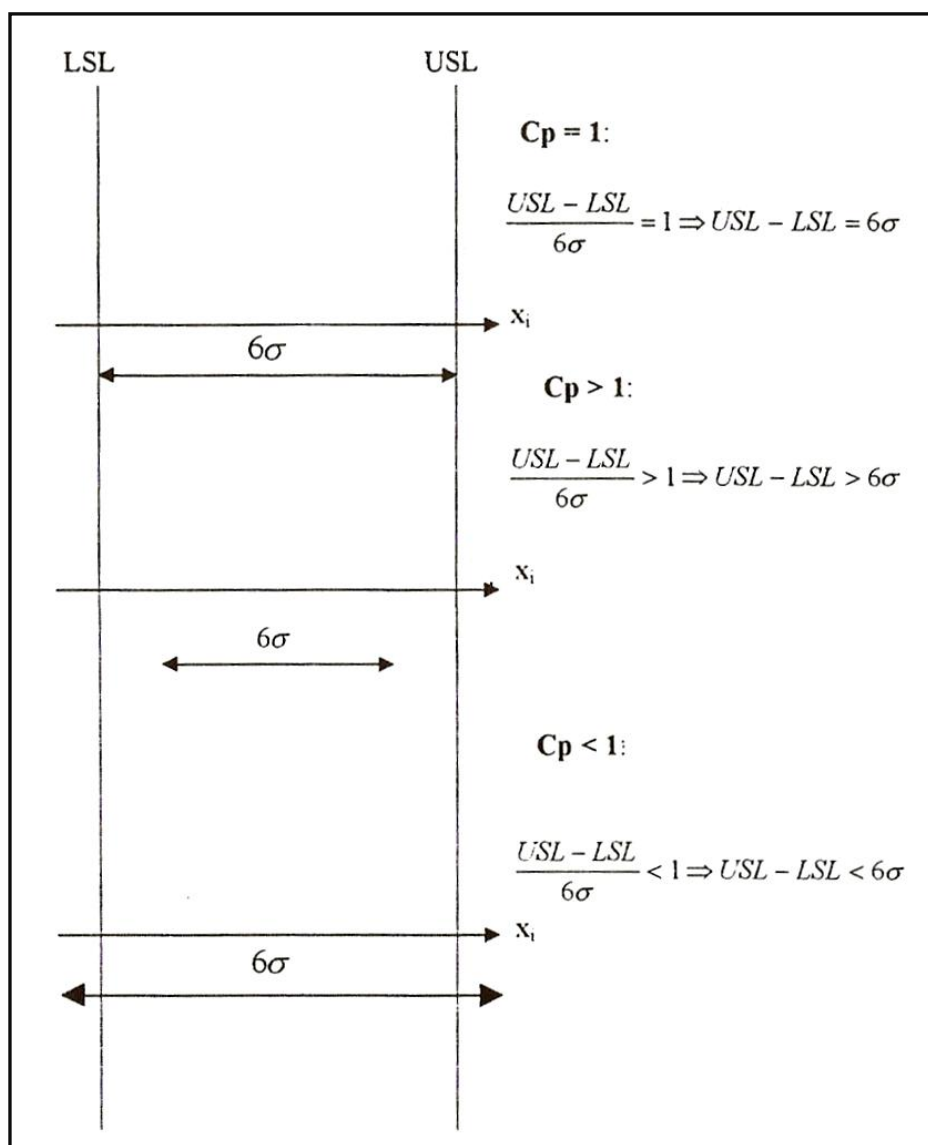
Obr. 1 Rozhodovací strom pro volbu klasického Shewhartova regulačního diagramu [7]

Příloha č. 2.: Nejčastěji používané testy nenáhodných seskupení

Tabulka 1 Testy nenáhodných seskupení [7]

Situace v regulačním diagramu	Popis	Možné vymezitelné příčiny
 <p>UCL CL LCL</p>	Body mimo regulační meze	<p><i>Regulační diagram (R)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - zvětšení rozptylu vlivem změny v prvcích procesu - vylepšení dat <p><i>Regulační diagram (\bar{x})</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - proces se posunul právě u dané podskupiny - změna měřicího systému
 <p>UCL CL LCL</p>	9 bodů za sebou leží nad nebo pod střední čarou	<p><i>Regulační diagram (R)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - zvětšení (zmenšení) rozptylu vlivem změny v prvcích procesu - změna měřidla, kontrolora <p><i>Regulační diagram (\bar{x})</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - změna měřidel, způsobu měření - změna prvků procesu
 <p>UCL CL LCL</p>	6 bodů za sebou stoupá nebo klesá	<p><i>Regulační diagram (R)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - zvětšení (zmenšení) rozptylu vlivem změny v prvcích procesu - změna měřidla, kontrolora <p><i>Regulační diagram (\bar{x})</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - opotřebení nástroje
 <p>UCL CL LCL</p>	15 bodů v řadě za sebou leží ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi	<p><i>Oba regulační diagramy</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - nesprávně vypočtené meze - nesprávně zakreslené body - zlepšení procesu
 <p>UCL CL LCL</p>	8 bodů za sebou leží na obou stranách střední čáry, ale žádný ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi	<p><i>Oba regulační diagramy</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - nesprávně vypočtené meze - nesprávně zakreslené body - změny v procesu, v metodách měření

Příloha č. 3.: Tři základní úrovně C_p



Obr. 2 Základní úrovně C_p [7]

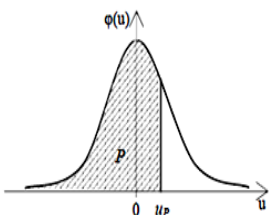
Příloha č. 4.: Součinitelé pro výpočet CL, UCL, LCL v klasických Shewhartových diagramech a jejich modifikacích

Tabulka 2 Součinitelé pro výpočet CL, UCL, LCL [7]

Součinitelé pro výpočet CL, UCL, LCL								
Rozsah podskupiny <i>n</i>	A2	A3	B3	B4	D3	D4	C4	d2
2	1,880	2,659	0,000	3,267	0,000	3,267	0,7979	1,128
3	1,023	1,954	0,000	2,568	0,000	2,574	0,8862	1,693
4	0,729	1,628	0,000	2,266	0,000	2,282	0,9213	2,059
5	0,577	1,427	0,000	2,089	0,000	2,114	0,9400	2,326
6	0,483	1,287	0,030	1,970	0,000	2,004	0,9515	2,534
7	0,419	1,182	0,118	1,882	0,076	1,924	0,9594	2,704
8	0,373	1,099	0,185	1,815	0,136	1,864	0,9650	2,847
9	0,337	1,032	0,239	1,761	0,184	1,816	0,9693	2,970
10	0,308	0,975	0,284	1,716	0,223	1,777	0,9727	3,078
11	0,285	0,927	0,321	1,679	0,256	1,744	0,9754	3,173
12	0,266	0,886	0,354	1,646	0,283	1,717	0,9776	3,258
13	0,249	0,850	0,382	1,618	0,307	1,693	0,9794	3,336
14	0,235	0,817	0,406	1,594	0,328	1,672	0,9810	3,407
15	0,223	0,789	0,428	1,572	0,347	1,653	0,9823	3,472
16	0,212	0,763	0,448	1,552	0,363	1,637	0,9835	3,532
17	0,203	0,739	0,466	1,534	0,378	1,622	0,9845	3,588
18	0,194	0,718	0,482	1,518	0,391	1,608	0,9854	3,640
19	0,187	0,698	0,497	1,503	0,403	1,597	0,9862	3,689
20	0,180	0,680	0,510	1,490	0,415	1,585	0,9869	3,735
21	0,173	0,663	0,523	1,477	0,425	1,575	0,9876	3,778
22	0,167	0,647	0,534	1,466	0,434	1,566	0,9882	3,819
23	0,162	0,633	0,545	1,455	0,443	1,557	0,9887	3,858
24	0,157	0,619	0,555	1,445	0,451	1,548	0,9892	3,895
25	0,153	0,606	0,565	1,435	0,459	1,541	0,9896	3,931

Příloha č. 5.: Kvantily normovaného normálního rozdělení N (0,1)

Tabulka 3 Kvantily normovaného normálního rozdělení N (0,1) [23]

KVANTILY NORMOVANÉHO NORMÁLNÍHO ROZDĚLENÍ N(0,1)									
<p>100P % kvantil normovaného normálního rozdělení je dán: $P(X \leq u_P) = F(u_P) = \int_{-\infty}^{u_P} f(u)du$, $0,5 < P < 1$, pro $P < 0,5$ platí $u_P = -u_{1-P}$</p> 									
P	u_P	P	u_P	P	u_P	P	u_P	P	u_P
0,500	0,00000	0,750	0,67449	0,910	1,34076	0,935	1,51410	0,960	1,75069
0,510	0,02507	0,760	0,70630	0,911	1,34694	0,936	1,52204	0,961	1,76241
0,520	0,05015	0,770	0,73885	0,912	1,35317	0,937	1,53007	0,962	1,77438
0,530	0,07527	0,780	0,77219	0,913	1,35946	0,938	1,53820	0,963	1,78661
0,540	0,10043	0,790	0,80642	0,914	1,36581	0,939	1,54643	0,964	1,79912
0,550	0,12566	0,800	0,84162	0,915	1,37220	0,940	1,55477	0,965	1,81191
0,560	0,15097	0,810	0,87790	0,916	1,37866	0,941	1,56322	0,966	1,82501
0,570	0,17637	0,820	0,91537	0,917	1,38517	0,942	1,57179	0,967	1,83842
0,580	0,20189	0,830	0,95417	0,918	1,39174	0,943	1,58047	0,968	1,85218
0,590	0,22574	0,840	0,99446	0,919	1,39838	0,944	1,58927	0,969	1,86630
0,600	0,25335	0,850	1,03643	0,920	1,40507	0,945	1,59819	0,970	1,88079
0,610	0,27932	0,860	1,08032	0,921	1,41183	0,946	1,60725	0,971	1,89570
0,620	0,30548	0,870	1,12639	0,922	1,41865	0,947	1,61644	0,972	1,91104
0,630	0,33185	0,880	1,17499	0,923	1,42554	0,948	1,62576	0,973	1,92684
0,640	0,35846	0,890	1,22653	0,924	1,43250	0,949	1,63523	0,974	1,94313
0,650	0,38532	0,900	1,28155	0,925	1,43953	0,950	1,64485	0,975	1,95996
0,660	0,41246	0,901	1,28727	0,926	1,44663	0,951	1,65463	0,976	1,97737
0,670	0,43991	0,902	1,29303	0,927	1,45381	0,952	1,66456	0,977	1,99539
0,680	0,46770	0,903	1,29884	0,928	1,46106	0,953	1,67466	0,978	2,01409
0,690	0,49585	0,904	1,30469	0,929	1,46838	0,954	1,68494	0,979	2,03352
0,700	0,52440	0,905	1,31058	0,930	1,47579	0,955	1,69540	0,980	2,05375
0,710	0,55338	0,906	1,31652	0,931	1,48328	0,956	1,70604	0,981	2,07485
0,720	0,58284	0,907	1,32251	0,932	1,49085	0,957	1,71689	0,982	2,09693
0,730	0,61128	0,908	1,32854	0,933	1,49851	0,958	1,72793	0,983	2,12007
0,740	0,64335	0,909	1,33462	0,934	1,50626	0,959	1,73920	0,984	2,14441

Příloha č. 6.: Kritické hodnoty Fischerova F – rozdělení pro $\alpha = 0,05$

Tabulka 4 Kritické hodnoty F – rozdělení [23]

f_2	f_1 (větší rozptyl)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	30	40	60	120	∞
1	161,45	199,50	215,71	224,58	230,16	233,99	236,77	238,88	240,54	241,88	245,95	248,01	250,09	251,14	252,20	253,25	254,32
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,36	19,39	19,40	19,43	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49	19,50
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,70	8,66	8,62	8,59	8,57	8,55	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,86	5,80	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,04	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,62	4,56	4,50	4,46	4,43	4,40	4,37
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	3,94	3,87	3,81	3,77	3,74	3,71	3,67
7	5,59	5,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,51	3,45	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,22	3,15	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,01	2,94	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71
10	4,97	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,85	2,77	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,40	2,33	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,20	2,12	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,17	2,02	1,93	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	4,09	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	1,93	1,84	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,84	1,75	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,18	2,09	2,02	1,96	1,91	1,75	1,66	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
∞	3,84	3,00	2,61	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,67	1,57	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

Příloha č. 7.: Kritické hodnoty Studentova t - rozdělení

Tabulka 5 Kritické hodnoty Studentova rozdělení – t [23]

Počet stupňů volnosti	Hladina významnosti α pro oboustranný kritický obor			
n	0,10	0,05	0,025	0,010
1	6,314	12,706	25,452	63,656
2	2,920	4,303	6,2053	9,925
3	2,353	3,182	4,1765	5,841
4	2,132	2,776	3,4954	4,604
5	2,015	2,571	3,1634	4,032
6	1,943	2,447	2,9687	3,707
7	1,895	2,365	2,8412	3,499
8	1,860	2,306	2,7515	3,355
9	1,833	2,262	2,6850	3,250
10	1,812	2,228	2,6338	3,169
11	1,796	2,201	2,5931	3,106
12	1,782	2,179	2,5600	3,055
13	1,771	2,160	2,5326	3,012
14	1,761	2,145	2,5096	2,977
15	1,753	2,131	2,4899	2,947
16	1,746	2,120	2,4729	2,921
17	1,740	2,110	2,4581	2,898
18	1,734	2,101	2,4450	2,878
19	1,729	2,093	2,4334	2,861
20	1,725	2,086	2,4231	2,845
21	1,721	2,080	2,4138	2,831
22	1,717	2,074	2,4055	2,819
23	1,714	2,069	2,3979	2,807
24	1,711	2,064	2,3910	2,797
25	1,708	2,060	2,3846	2,787
26	1,706	2,056	2,3788	2,779
27	1,703	2,052	2,3734	2,771
28	1,701	2,048	2,3685	2,763
29	1,699	2,045	2,3638	2,756
30	1,697	2,042	2,3596	2,750
40	1,684	2,021	2,3289	2,704
60	1,671	2,000	2,2991	2,660
120	1,658	1,980	2,2699	2,617
∞	1,645	1,96	2,2414	2,576